

# **Frosthärteinduktion bei Eichen**

Vom Fachbereich Gartenbau  
der Universität Hannover  
zur Erlangung

des akademischen Grades eines

**Doktors der Gartenbauwissenschaften**

- Dr. rer. hort. -

genehmigte

**Dissertation**

von

**Dipl. –Ing. agr. Thomas Karl Schlegel**

geboren am 06.10.1965

in Stade

Hannover 2001

Referent: Prof. Dr. W. Spethmann

Korreferent: Prof. Dr. Hans-J. Muhs

Tag der Promotion: 23.05.2001

Für  
Sabine  
und meine Familie

## **Frosthärteinduktion bei Eicheln**

Thomas Karl Schlegel

### **Zusammenfassung**

Das Saatgut der nicht jedes Jahr in ausreichender Menge fruktifizierenden Eichen ist nur begrenzt lagerbar, nicht länger als 2 bis 3 Jahre. Hieraus ergibt sich für Forstbaumschulen die problematische Situation, den Bedarf an Pflanzgut für die Forstwirtschaft nicht kontinuierlich decken zu können. Mit dem Ziel diese zumindest temporäre Mangelsituation zu entschärfen, wurden in Lagerversuchen die Einflüsse unterschiedlicher Lagerbedingungen auf die Saatgutvitalität beobachtet und versucht, durch Manipulation des Lagerklimas, Frosthärte in den Eicheln zu induzieren und so die mögliche Lagerdauer zu verlängern.

Durch die Anwendung unterschiedlicher Tag / Nacht-Wechseltemperaturbedingungen, der Konditionierung unter verschiedenen Temperatur- und Luftfeuchtebedingungen im Lager, konnte weder die erreichte Frosthärte noch die zu Versuchsbeginn beobachtete Vitalität des Saatgutes konserviert werden. Die Versuche zeigten, dass allein durch eine Manipulation von Temperatur und Luftfeuchte im Lager die gewünschte Verlängerung der Lagerbarkeit von Eicheln nicht erreicht werden kann.

Bei höheren Temperaturen (ca. 0°C – 5°C) und hoher Luftfeuchte (ca. 95%) hielten die Eicheln eine hohe Stoffwechselaktivität aufrecht, hatten einen hohen Wassergehalt und infolgedessen eine geringe Frosthärte. Vitalitätsverluste sind hier möglicherweise auf erhöhte Aktivität freier Radikale in Folge eines erhöhten aeroben Stoffwechsels zurückzuführen.

Werden Eicheln bei niedriger Temperatur (ca. –3°C) und niedriger Luftfeuchte (unter ca. 90%) in „aridem“ Klima konditioniert, entwickeln sie zuerst eine vergleichsweise hohe Frosthärte durch Wasserentzug aus den Geweben. Dieser Zustand ist jedoch nicht konservierbar. Unter solchen Bedingungen wurde mit der Zeit eine zunehmende Austrocknung des Saatgutes beobachtet, Verluste durch Erfrieren traten jedoch nicht auf. Ventilation im Lager fördert dabei die Austrocknung des Saatgutes.

Es stellte sich in den Versuchen heraus, dass zwischen den Eicheln unterschiedlicher Gewichtsklassen, unterschiedlicher Mutterbäume und innerhalb der Absaaten einzelner Mutterbäume Unterschiede in der Reaktion auf Frost und Trocknung auftraten. Mögli-

cherweise kann sich die Baumschulpraxis das zunutze machen, um für die Lagerung Eicheln gezielt nach ihrer Lagereignung auszuwählen.

Will man die Lagerdauer ausdehnen, muss dafür die Trocknungstoleranz der Eicheln erhöht und ihr Stoffwechsel gedrosselt werden. Die Entstehung und Aktivität freier Radikale könnte möglicherweise durch Applikation von Antioxidantien gebremst werden. Die mit der Applikation möglicher Schutzstoffe auftretenden Probleme werden diskutiert. Außerdem wird eine Möglichkeit zur Nutzung von in vitro-Techniken skizziert und die Nutzung solcher Techniken für weitere Untersuchungen des Rekalzitranzphänomens, besonders mit Blick auf die Selektion stresstoleranter Genotypen, empfohlen.

Schlagworte: Eicheln, Frosthärte, Langzeitlagerung

## **Induction of frosthardness in acorns**

Thomas Karl Schlegel

### **Abstract**

Oak trees do not produce seeds every year. Unfortunately acorns are also recalcitrant and cannot be stored for more than 2 or 3 years. Hence, it is difficult for nurseries to raise large amounts of oak seedlings every year. To alleviate this situation effects of storage conditions on seed viability have been investigated in an attempt to find means and ways to extend storage live of acorns.

Various combinations of humidity and temperatures have been imposed on the acorns during storage including different day and night cycles. Unfortunately, neither the frost hardiness attained during conditioning treatments nor the viability of acorns at the beginning of the conditioning treatment could be preserved and maintained. Since all reasonable temperature/humidity combinations have been tested it is clear that an extension of storage live of acorns cannot be obtained by simply varying humidity and temperature during storage.

At higher temperatures [approx. 0°C – 5°C] and very high humidity [approx. 95%] the acorns maintained a high water content and a high metabolic activity both of which were not conducive to developing frost hardiness. Furthermore, aerobic metabolism is discussed to cause “seed ageing” and a general loss of viability, possibly do to generation of free radicals.

If acorns were stored at low temperatures [approx. –3°C] and low humidity [below 90%] they initially obtained a high degree of frost hardiness by a water withdrawal from the tissues but in the long run the seeds suffered from desiccation. Thus, storage at freezing temperatures damaged the seeds due to desiccation while ice formation in the tissue was not observed. Ventilation in the store promoted the appearance of desiccation damages.

Treatment effects during storage differed depending on size of the acorns and considerable differences were also observed when acorns from different trees were compared. These differences in viability depending on phenotype and genotype might possibly be utilised in extending storage live.

The data are discussed with regard to finding alternative methods for extending storage live of acorns. To make acorns more desiccation tolerant metabolic activities must be

slowed, formation of free radicals should be reduced and scavengers for free radicals might be applied. The difficulties arising when trying to apply antioxidants to acorns are also discussed.

A possibility for the use of *in vitro* techniques is outlined. The use of such techniques for further examinations is recommended particularly with regard to the selection of stress tolerant genotypes.

Keywords: Acorns, frosthardeness, long time storage

## Inhaltsverzeichnis

1. <b>Einleitung</b> .....	33
2. <b>Material und Methode</b> .....	40
2.1. Saatgut .....	42
2.2. Konditionierungslagerung .....	45
2.3. Frosthärtetests .....	51
2.4. Einfluss des Korngewichtes auf die Saatgutvitalität im Verlauf der Konditionierung .....	52
2.5. Einzelkornuntersuchung .....	52
2.6. Keimtests .....	53
2.7. Schnitttest .....	54
2.8. Laboranalytik .....	57
2.8.1. Probenaufbereitung .....	57
2.8.2. Analysen .....	58
2.8.2.1. Stärke .....	58
2.8.2.2. Zucker .....	58
2.9. Versuchsauswertung .....	59
3. <b>Ergebnisse</b> .....	63
3.1. <b>Einfluss der Konditionierungsmethodik</b> auf die Entwicklung der Vitalität sowie Induzierbarkeit und Persistenz von Frosthärte bei gelagerten Eicheln .....	63
3.1.1. Eicheln aus Freilandlagerung .....	63
3.1.2. Eicheln aus Konditionierung in einer Klimakammer mit Tag / Nacht - Wechseltemperaturbedingungen .....	66
3.1.3. Eicheln aus Konditionierung bei im Tagesverlauf gleichbleibender Temperatur .....	69
3.1.4. Vergleich der Methoden .....	74
3.1.5. Veränderungen der untersuchten Stoffwechselmerkmale .....	77
3.1.5.1. Embryonenwassergehalt .....	77
3.1.5.2. Zucker und Stärke .....	87
3.2. <b>Einfluss unterschiedlicher Klimaführung</b> auf die Frosthärteentwicklung bei Eicheln in Klimakammern unter <b>Tag / Nacht Wechseltemperaturbedingungen</b> ... .....	101
3.2.1. Veränderungen der untersuchten Stoffwechselmerkmale .....	104



3.2.1.1.	Embryonenwassergehalt.....	104
3.2.1.2.	Zucker und Stärke.....	108
3.3.	<b>Zusammenfassung</b> .....	116
3.4.	<b>Korngrößeneffekt</b> .....	120
3.4.1.	Eichelgewicht.....	120
3.4.2.	Embryonenwassergehalt bei Eicheln unterschiedlicher Gewichtssortierung.....	122
3.5.	<b>Vergleich von Einzelbaumabsaaten</b> .....	127
3.5.1.	Sprossachsenkeimung.....	127
3.5.2.	Embryonenwassergehalt.....	131
4.	<b>Diskussion</b> .....	137
4.1.	<b>Bedeutung der Konditionierungslagerung</b> .....	137
4.1.1.	Unterschiede zur Praxislagerung.....	138
4.1.2.	Klimaführung.....	139
4.2.	<b>Einfluss der Konditionierungslagerung auf die Vitalität der Eicheln</b> .....	142
4.2.1.	Bedeutung des Wassergehaltes – Grenze des Wasserentzuges.....	143
4.2.2.	Trocknungsschädigung und Zuckerhaushalt.....	149
4.2.3.	Dehydrin und Prolin.....	152
4.2.4.	Antioxidantien.....	154
4.2.5.	Alterung von Eicheln.....	157
4.3.	<b>Einfluss des Konditionierungsklimas auf die Frosthärteentwicklung</b> .....	159
4.3.1.	Frosthärte und Wassergehalt.....	161
4.3.2.	Frosthärte und Zuckergehalt.....	164
4.3.3.	Wechselbeziehung von Zucker- und Wasserhaushalt vor dem Hintergrund der Frosthärteentwicklung bei Konditionierungslagerung in unterschiedlichen Klimaten.....	168
4.4.	<b>Überlegungen zur ökophysiologischen Bedeutung der frühen Keimung im Zusammenhang mit der Rekalzitranz der Eicheln</b> .....	172
4.5.	<b>Anwendung der diskutierten Ergebnisse auf ausgewählte Beispiele der Literatur</b> .....	175
4.6.	<b>Bedeutung der Stärkereserven für die Energieversorgung während der Konditionierung</b> .....	179
4.7.	<b>Resümee</b> .....	180
4.7.1.	Gedanken zum Forschungsbedarf.....	181
4.7.1.1.	Schutzstoffe.....	181

4.7.1.1.1.	Gase .....	182
4.7.1.1.2.	Flüssig formulierte Verbindungen.....	183
4.7.1.2.	Nutzung von in vitro Kultur-Techniken .....	186
4.7.2.	Konsequenz für die Eichellagerung in Baumschulen.....	189
4.7.3.	Alternativen zur Saatgutlagerung.....	195
<b>5.</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>197</b>
<b>6.</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>210</b>
6.1.	Anhang 1: Versuchsjahr 1997 / 1998 .....	210
6.2.	Anhang 2: Versuchsjahr 1996 / 1997 .....	258
6.3.	Anhang 3: Versuchsjahr 1997 / 1998 Einzelbaumabsaaten .....	288
	Danksagung.....	292
	Lebenslauf.....	293
	Eidesstattliche Erklärung.....	294

**Abbildungsverzeichnis**

	<b>Seite</b>
Abb. 1: Arbeitsschritte von Saatgutlieferung bis Versuchsbeginn	<b>40</b>
Abb. 2: Ablaufschema der Untersuchungen im Rahmen der Konditionierungsversuche, 1996 bis 1998.	<b>41</b>
Abb. 3: Einteilung des zu prüfenden Saatgutes in Gewichtsklassen anhand einer Verteilungskurve. Die Gewichtsklassen bildeten in den durchgeführten Versuchen jeweils die Wiederholungen 1 bis 4 eines zu untersuchenden Parameters, 1996 / 1997 und 1997 / 1998	<b>43</b>
Abb. 4: Streuung der Eichelgewichte bei Einzelbaumabsaaten, signifikante Unterschiede zwischen den jeweiligen Mittelwerten sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei A den kleinsten der verglichenen Mittelwerte bezeichnet, $p \leq 0,05$ , $n = 250$ , 1997 / 1998.	<b>44</b>
Abb. 5: Tages- und Nachtmittelwerte der im Konditionierungslager herrschenden Temperatur und Luftfeuchtigkeit während der Konditionierung von <i>Quercus robur</i> 'Elmstein' in drei Klimavarianten, 1996 / 1997.	<b>46</b>
Abb. 6: Tages- und Nachtmittelwerte der im Konditionierungslager herrschenden Temperatur und Luftfeuchtigkeit während der Konditionierung von <i>Quercus robur</i> 'Quickborn' unter den Bedingungen der KOND <sub>SW</sub> , 1997 / 1998.	<b>49</b>
Abb. 7: Wochenmittel der Tages- und Nachttemperatur im Lagergut einer Freilandmiete, der Temperatur direkt über der Laubabdeckung sowie der jeweils herrschenden Luftfeuchtigkeit im Lagerbestand während der Konditionierung, <i>Quercus robur</i> 'Quickborn', 1997 / 1998.	<b>50</b>
Abb. 8: Beispiel für ein Tagesprofil des Klimaverlaufes während der KOND <sub>SW</sub> bei 0°C / -3°C im 12h Tag / Nacht-Wechsel, <i>Quercus robur</i> 'Quickborn', 01.02.1998.	<b>51</b>
Abb. 9: Frostschäden bei <i>Quercus robur</i>	<b>54</b>
Abb. 10: Trocknungsschäden bei <i>Quercus robur</i>	<b>56</b>
Abb. 11: Fraßschäden bei <i>Quercus robur</i>	<b>56</b>
Abb. 12: Sprossachsenkeimung bei Eicheln von <i>Quercus robur</i> 'Quickborn' nach Konditionierung in einer Freilandmiete sowie Überführung in eine Klimakammer (KOND <sub>FL</sub> ) und den anschließenden Frosthärtetests. Die Überführung in die Klimakammer erfolgte am 16.03.1998 nach 153 Tagen Konditionierungsdauer, 1997 / 1998.	<b>64</b>

- Abb. 13: Sprossachsenkeimung bei Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' nach Konditionierung in einer Klimakammer unter Tag / Nacht Wechseltemperaturbedingungen ( $KOND_{SW}$ ) und im Anschluss an die folgenden Frosthärtetests, 1997 / 1998. **67**
- Abb. 14: Sprossachsenkeimung bei Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' als Maß für die Saatgutvitalität während der Konditionierungslagerung bei schrittweise gesenkter, im Tagesverlauf gleichbleibender Temperatur ( $KOND_{SC(G)}$ ) sowie nach den an die Konditionierungslagerung anschließenden Frosthärtetests, 1997 / 1998. **70**
- Abb. 15: Sprossachsenkeimung bei Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' als Maß für die Saatgutvitalität während der Konditionierungslagerung bei schrittweise gesenkter, im Tagesverlauf gleichbleibender Temperatur ( $KOND_{SC(S)}$ ) sowie nach den an die Konditionierungslagerung anschließenden Frosthärtetests, 1997 / 1998. **71**
- Abb. 16: Entwicklung des Embryonenwassergehaltes in der Frischsubstanz der Gesamtstichproben und der daraus durch Schnitttests ermittelten Fraktion der potentiell vitalen Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' im Verlauf der Konditionierungslagerung, 1997 / 1998. **78**
- Abb. 17: Wassergehalt in der Embryonenfrischsubstanz potentiell vitaler, erfrorener und vertrockneter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' nach Probenahme an zwei Prüfterminen im Verlauf der Konditionierungslagerung unter den Bedingungen der  $KOND_{FL}$ , 1997 / 1998. **80**
- Abb. 18: Wassergehalt in der Embryonenfrischsubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' nach Frosthärtetests und vorhergehender Konditionierung unter den Bedingungen der  $KOND_{FL}$  sowie der  $KOND_{SW}$  1997/1998. **81**
- Abb. 19: Wassergehalt in der Embryonenfrischsubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' nach Frosthärtetests und vorhergehender Konditionierung unter den Bedingungen der  $KOND_{SC}$  sowie der daraus hervorgegangenen  $KOND_{SCG}$  und  $KOND_{SCS}$ , 1997/1998. **82**
- Abb. 20: Entwicklung der Anteile erfrorener und vertrockneter Eicheln an den Gesamtstichproben konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' im Verlauf der Konditionierung unter den Bedingungen der  $KOND_{SW}$ , 1997 / 1998. **85**

- Abb. 21: Entwicklung der Anteile vertrockneter Eicheln als Mittelwert über alle Behandlungen (konditioniert und frosthärtegeprüft) des jeweiligen Prüftermins bei Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' im Verlauf der Konditionierung, 1997 / 1998. **86**
- Abb. 22: Abhängigkeit des Gesamtzuckerghaltes vom Glucose- und Fructosegehalt im Zellsaft potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn', 1997 / 1998. **87**
- Abb. 23: Entwicklung des Glucose- und Fructosegehaltes im Zellsaft und in der Embryonentrockensubstanz der Konditionierungskontrollen bei potentiell vitalen Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn', 1997 / 1998. **89**
- Abb. 24: Glucose:Fructose-Verhältnis im Zellsaft bei potentiell vitalen Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' der Konditionierungskontrollen, 1997 / 1998. **90**
- Abb. 25: Glucose:Fructose-Verhältnis potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus der  $KOND_{FL}$  und  $KOND_{SW}$  nach FHTs, 1997 / 1998. **91**
- Abb. 26: Glucose:Fructose-Verhältnis potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus der  $KOND_{SC/SCG}$  und  $KOND_{SC/SCS}$  nach FHTs, 1997 / 1998. **92**
- Abb. 27: Glucose + Fructose und Saccharose im Zellsaft potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' nach Frosthärtetests. Die vor den FHTs durchgeführte Konditionierung erfolgte in einer Freilandmiete ( $KOND_{FL}$ ) und nachgeschaltet in einer Klimakammer ( $KOND_{SW}$ ), 1997 / 1998. **93**
- Abb. 28: Glucose + Fructose und Saccharose im Zellsaft potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus unterschiedlichen Konditionierungslägern nach Frosthärtetests bei  $-8^{\circ}C$ , 1997 / 1998. **95**
- Abb. 29: Entwicklung des Saccharosegehaltes im Zellsaft und in der Embryonentrockensubstanz im Verlauf der Konditionierungslagerung mit unterschiedlichen Konditionierungsmethoden bei potentiell vitalen Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn', 1997 / 1998. **97**
- Abb. 30: Entwicklung des Stärkegehaltes in der Embryonentrockensubstanz der Konditionierungskontrollen im Verlauf der Konditionierungslagerung mit unterschiedlichen Konditionierungsmethoden bei potentiell vitalen Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn', 1997 / 1998. **99**

- Abb. 31: Entwicklung der potentiellen Vitalität bei Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' gegen  $-6^{\circ}\text{C}$  und  $-8^{\circ}\text{C}$ , bonitiert nach 21 tägigen FHTs, welche sich an eine Konditionierung bei unterschiedlicher Klimaführung in drei Varianten anschlossen, 1996 / 1997. **103**
- Abb. 32: Entwicklung des Embryonenwassergehaltes in der Frischsubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' während der Konditionierung unter Bedingungen der  $\text{KOND}_{\text{SW}}$  in den Konditionierungskontrollen der drei Klimaführungsvarianten, 1996 / 1997. **105**
- Abb. 33: Embryonenwassergehalte in der Frischsubstanz frosthärtegeprüfter potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' nach Konditionierung unter Bedingungen der  $\text{KOND}_{\text{SW}}$  in drei Klimaführungsvarianten, 1996 / 1997. **107**
- Abb. 34: Korrelation zwischen dem Gesamtzuckergehalt in der Embryonentrockensubstanz [mg / g ETS] und dem Zellsaft [mmol / mol  $\text{H}_2\text{O}$ ] bei potentiell vitalen Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein', 1996 / 1997. **109**
- Abb. 35: Relationen der untersuchten Zucker [mmol / mmol] im Zellsaft potentiell vitaler Eicheln der Konditionierungskontrollen von *Quercus robur* 'Elmstein', 1996 / 1997. **110**
- Abb. 36: Entwicklung der Zuckergehalte im Zellsaft [mmol / mol  $\text{H}_2\text{O}$ ] potentiell vitaler Eicheln der Konditionierungskontrollen von *Quercus robur* 'Elmstein', 1996 / 1997. **111**
- Abb. 37: Relationen der untersuchten Zucker [mmol / mmol] im Zellsaft potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' nach Frosthärtetests, 1996 / 1997. **112**
- Abb. 38: Zuckergehalte im Zellsaft [mmol / mol  $\text{H}_2\text{O}$ ] potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' nach Frosthärtetests, 1996 / 1997. **113**
- Abb. 39: Zusammenfassung der Effekte unterschiedlicher Klimate auf die Entwicklungen von Frosthärte, Embryonenwassergehalt und im Zellsaft gelöster Zucker potentiell vitaler Eicheln aus „humider“ und „arider“ Konditionierungslagerung nach  $-8^{\circ}\text{C}$  FHTs des Versuchsjahres 1997 / 1998 **119**

- Abb. 40: Sprossachsenkeimung bei Eicheln unterschiedlicher Gewichtsklassen von *Quercus robur* 'Quickborn' im Verlauf der Konditionierungslagerung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> sowie nach den auf die Konditionierung folgenden Frosthärtetests, 1997 / 1998. **121**
- Abb. 41: Entwicklung des Wassergehaltes in der Embryonenfrischsubstanz der Gesamtstichproben bei Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' in unterschiedlicher Gewichtssortierung im Verlauf der Konditionierungslagerung und nach den an die Konditionierung anschließenden Frosthärtetests, 1997 / 1998. **122**
- Abb. 42: Im Schnitttest ermittelte Anteile erfrorener und vertrockneter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' unterschiedlicher Gewichtssortierung, gepoolte Daten aller Prüftermine der Konditionierungskontrolle und der an die Konditionierung anschließenden  $-6^{\circ}\text{C}$  FHTs,  $\chi^2$ -Test, Fisher's Exact Test zweiseitig,  $p \leq 0,05$ , 1997 / 1998. **123**
- Abb. 43: Zusammenhang von Embryonenwassergehalt in der Frischmasse und dem Anteil potentiell vitaler, erfrorener und vertrockneter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn', gepoolt über alle Gewichtsklassen der Konditionierungskontrolle und der  $-6^{\circ}\text{C}$  FHTs nach Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub>, 1997 / 1998. **124**
- Abb. 44: Wassergehalt in den Kupulaenden gekeimter Eicheln von vier *Quercus robur* - Einzelbaumabsaaten nach 45 und 160 Tagen Konditionierungsdauer unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> sowie nach den an die Konditionierung anschließenden 21 tägigen  $-6^{\circ}\text{C}$  FHTs,  $p \leq 0,05$ ,  $n = 30$  je Absaat, 1997 / 1998. **132**
- Abb. 45: Wassergehalt in den Kupulaenden nicht gekeimter Eicheln von vier *Quercus robur* - Einzelbaumabsaaten nach 45 und 160 Tagen Konditionierungsdauer unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> sowie nach den an die Konditionierung anschließenden 21 tägigen  $-6^{\circ}\text{C}$  FHTs, 1997 / 1998. **133**
- Abb. 46: Eisbildung bei handtrocken in Polyethylenbeuteln eingeschweißten Eicheln nach 39 Monaten bei  $-4^{\circ}\text{C}$ . Das Wasser wurde den Eicheln durch Frosttrocknung entzogen, teilweise Pilzbesiedelung an einzelnen Eicheln, *Quercus robur* 'Quickborn' 1997 / 1998. **158**

- Abb. 47: Frische Eicheln (obere Bildhälfte) von *Quercus robur* 'Steinberg' (Fruchtreife 2000) und 39 Monate bei  $-6^{\circ}\text{C}$  in Polyethylenbeuteln eingeschweißt gelagerte Eicheln (untere Bildhälfte) von *Quercus robur* 'Quickborn' 1997 / 1998. Durch Frosttrocknung ausgebleichtes Pericarp, Schrumpfung der Kotyledonen, Verbräunung durch Oxidation. **159**
- Abb. 48: Schematischer Ablauf der zu erwartenden Entwicklungsrichtungen bei der Lagerung von Eichensaatgut, vor dem Hintergrund des herrschenden Klimas während der Lagerung. **191**
- Abb. 49: Wurzelkeimung und -entwicklung ohne Sprossachsenkeimung bei Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' mit Pericarp unter Fog, 1997 / 1998. **195**



**Tabellenverzeichnis - Ergebnisteil**

	<b>Seite</b>
Tab. 1: Bezeichnung und Herkunft der Einzelbaumabsaaten, 1997 / 1998	<b>42</b>
Tab. 2: Temperaturführung im 12h Tag / Nacht – Wechsel während der Konditionierungsbehandlung von Eichensaatgut mit drei Wechseltemperaturvarianten (KOND <sub>SW</sub> ), <i>Quercus robur</i> 'Elmstein', 1996 /1997.	<b>46</b>
Tab. 3: Temperaturführung während der Konditionierungsbehandlung von Eichensaatgut mit unterschiedlichen Konditionierungsmethoden, <i>Quercus robur</i> 'Quickborn', 1997 /1998.	<b>48</b>
Tab. 4: Boniturkriterien für den Schnitttest	<b>55</b>
Tab. 5: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede der Sprossachsenkeimung bei Eicheln von <i>Quercus robur</i> 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KOND <sub>FL</sub> vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998.	<b>65</b>
Tab. 6: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede der Sprossachsenkeimung bei Eicheln von <i>Quercus robur</i> 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KOND <sub>SW</sub> vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998.	<b>68</b>
Tab. 7: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede der Sprossachsenkeimung bei Eicheln von <i>Quercus robur</i> 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KOND <sub>SC(G)</sub> vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998.	<b>72</b>
Tab. 8: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede der Sprossachsenkeimung bei Eicheln von <i>Quercus robur</i> 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KOND <sub>SC(S)</sub> vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998.	<b>73</b>
Tab. 9: Vergleich der Sprossachsenkeimung als Parameter der Vitalität konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von <i>Quercus robur</i> 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KOND <sub>FL</sub> , KOND <sub>SW</sub> und KOND <sub>SC(G)</sub> , 1997 / 1998.	<b>76</b>
Tab. 10: Guucose + Fructose-Konzentration im Zellsaft [mmol / mol H <sub>2</sub> O] potentiell vitaler, erfrorener und vertrockneter Eicheln von <i>Quercus robur</i> 'Quickborn' nach –8°C FHTs, 1997 / 1998.	<b>96</b>

- Tab. 11: Saccharosekonzentration im Zellsaft [mmol / mol H<sub>2</sub>O] potentiell vitaler, erfrorener und vertrockneter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' nach – 8°C FHTs, 1997 / 1998. **98**
- Tab. 12: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede der potentiellen Vitalität nach FHTs bei Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein', Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> in drei Klimaführungsvarianten, 1996 / 1997. **104**
- Tab. 13: Entwicklung des Embryonenwassergehaltes in der Frischmasse von Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' in unterschiedlicher Gewichtssortierung, 1997 / 1998. **125**
- Tab. 14: Entwicklung der Sprossachsenkeimung bei Einzelbaumabsaaten von *Quercus robur* unterschiedlicher Herkünfte im Verlauf der Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub>, 1997 / 1998. **127**
- Tab. 15: Entwicklung der Sprossachsenkeimung bei Einzelbaumabsaaten von *Quercus robur* unterschiedlicher Herkünfte im Verlauf der Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub>, ermittelt nach den an die Konditionierung anschließenden –6°C FHTs, 1997 / 1998. **128**
- Tab. 16: Unterschiede der im Keimtest ermittelten Vitalitätsverluste zwischen den untersuchten Einzelbaumabsaaten von *Quercus robur* aus unterschiedlicher Herkunft, Bilanz des ersten Prüftermins nach 31 Tagen Konditionierungsdauer gegen den vierten Prüftermin nach 248 Tagen Konditionierungsdauer bei Eicheln aus der Konditionierungskontrolle und den an die Konditionierung anschließenden 21 tägigen FHTs, 1997 / 1998. **129**
- Tab. 17: Unterschiede zwischen Einzelbaumabsaaten von *Quercus robur* gleicher und unterschiedlicher Herkunft in der Reaktion auf die der Konditionierung folgenden –6°C FHTs, **130**
- Tab. 18: Darstellung der Korngewichte der untersuchten Einzelbaumabsaaten an den Prüfterminen, sortiert in aufsteigender Reihe über die Einzelbäume am ersten Prüftermin, Bilanzierung des Massenverlustes während der 248 tägigen Konditionierungslagerung und Gegenüberstellung zum Vitalitätsverlust als Hinweis auf Unterschiede in der Trocknungsneigung und Trocknungssensibilität zwischen Einzelbaumabsaaten von *Quercus robur*, 1997 / 1998 **136**

**Tabellenverzeichnis - Anhang 1, Versuchsjahr 1997 / 1998**

	<b>Seite</b>
Tab. 19: Ergebnisse der Schnitttestbonitur (S%) an Eicheln von <i>Quercus robur</i> 'Quickborn', Darstellung der Unterschiede zwischen den Eicheln der Konditionierungsvarianten KONDFL, KONDSW, KONDS <sub>CG</sub> und KONDS <sub>CS</sub> innerhalb der Boniturstufen „potentiell vital“, „erfroren“, „vertrocknet“ und „durch biotische Faktoren geschädigt (befallen)“ der Konditionierungskontrollen und nach -4°C FHTs, 1997 / 1998.	<b>210</b>
Tab. 20: Ergebnisse der Schnitttestbonitur (S%) an Eicheln von <i>Quercus robur</i> 'Quickborn', Darstellung der Unterschiede zwischen den Eicheln der Konditionierungsvarianten KONDFL, KONDSW, KONDS <sub>CG</sub> und KONDS <sub>CS</sub> innerhalb der Boniturstufen „potentiell vital“, „erfroren“, „vertrocknet“ und „durch biotische Faktoren geschädigt (befallen)“ nach -6°C und -8°C FHTs, 1997 / 1998.	<b>211</b>
Tab. 21: Stichprobenumfang n für Laboranalysen zur Bestimmung der Wassergehalte in der Embryonenfrischsubstanz und zur Bestimmung der Gehalte von Glucose, Fructose, Saccharose und Stärke in der Embryonentrockensubstanz von potentiell vitalen (v), erfrorenen (e) und vertrockneten (t) Eicheln der Herkunft <i>Quercus robur</i> 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDFL und KONDSW, 1997 / 1998.	<b>212</b>
Tab. 22: Stichprobenumfang n für Laboranalysen zur Bestimmung der Wassergehalte in der Embryonenfrischsubstanz und zur Bestimmung der Gehalte von Glucose, Fructose, Saccharose und Stärke in der Embryonentrockensubstanz von potentiell vitalen (v), erfrorenen (e) und vertrockneten (t) Eicheln der Herkunft <i>Quercus robur</i> 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS <sub>CG</sub> und KONDS <sub>CS</sub> , 1997 / 1998.	<b>213</b>
Tab. 23: Entwicklung des Embryonenwassergehaltes in konditionierten, nicht frosthärtegeprüften Eicheln von <i>Quercus robur</i> 'Quickborn', Vergleich des Gesamtbildes der Wassergehaltsentwicklung mit Darstellung der Unterschiede zwischen den Konditionierungsvarianten sowie innerhalb der jeweiligen Varianten über die Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998.	<b>214</b>
Tab. 24: Unterschiede im Embryonenwassergehalt der Frischsubstanz potentiell vitaler, konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von <i>Quercus robur</i> 'Quickborn' aus unterschiedlicher Konditionierung, 1997 / 1998.	<b>215</b>

- Tab. 25: Unterschiede im Embryonenwassergehalt der Frischsubstanz bei Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus unterschiedlicher Konditionierungslagerung, wobei A die Mittelwerte über alle Behandlungen (KOND und FHT) und B die Signifikanz der Mittelwertdifferenzen darstellt, 1997 / 1998. **216**
- Tab. 26: Unterschiede im Gesamtzuckergehalt der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus unterschiedlicher Konditionierung, 1997 / 1998. **217**
- Tab. 27: Unterschiede im Glucosegehalt der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus unterschiedlicher Konditionierung, 1997 / 1998. **218**
- Tab. 28: Unterschiede im Fructosegehalt der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus unterschiedlicher Konditionierung, 1997 / 1998. **219**
- Tab. 29: Unterschiede im Saccharosegehalt der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus unterschiedlicher Konditionierung, 1997 / 1998. **220**
- Tab. 30: Unterschiede im Stärkegehalt der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus unterschiedlicher Konditionierung, 1997 / 1998. **221**
- Tab. 31: Beziehung der im Zellsaft gelösten Zucker zum Gehalt in der Embryontrockensubstanz und dem Embryonenwassergehalt potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus den Konditionierungskontrollen und nach FHTs, 1997 / 1998. **222**
- Tab. 32: Embryonenwassergehalt in der Frischsubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KOND<sub>FL</sub>, 1997 / 1998. **223**
- Tab. 33: Gesamtzuckergehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KOND<sub>FL</sub>, 1997 / 1998. **224**
- Tab. 34: Glucosegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KOND<sub>FL</sub>, 1997 / 1998. **225**

- Tab. 35: Fructosegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDFL, 1997 / 1998. **226**
- Tab. 36: Saccharosegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDFL, 1997 / 1998. **227**
- Tab. 37: Stärkegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDFL, 1997 / 1998. **228**
- Tab. 38: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede des Embryonenwassergehaltes der Frischsubstanz und des Gesamtzuckergehaltes der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDFL vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998. **229**
- Tab. 39: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede des Glucosegehaltes und des Fructosegehaltes der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDFL vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998. **230**
- Tab. 40: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede des Saccharosegehaltes und des Stärkegehaltes in der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDFL vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998. **231**
- Tab. 41: Embryonenwassergehalt in der Frischsubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDSW, 1997 / 1998. **232**
- Tab. 42: Gesamtzuckergehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDSW, 1997 / 1998. **233**
- Tab. 43: Glucosegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDSW, 1997 / 1998. **234**

- Tab. 44: Fructosegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub>, 1997 / 1998. **235**
- Tab. 45: Saccharosegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub>, 1997 / 1998. **236**
- Tab. 46: Stärkegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub>, 1997 / 1998. **237**
- Tab. 47: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede des Embryonenwassergehaltes der Frischsubstanz und des Gesamtzuckerhaltes der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998. **238**
- Tab. 48: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede des Glucosehaltes und des Fructosehaltes der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998. **239**
- Tab. 49: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede des Saccharosehaltes und des Stärkehaltes in der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998. **240**
- Tab. 50: Embryonenwassergehalt in der Frischsubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SCG</sub>, 1997 / 1998. **241**
- Tab. 51: Gesamtzuckergehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SCG</sub>, 1997 / 1998. **242**
- Tab. 52: Glucosegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SCG</sub>, 1997 / 1998. **243**

- Tab. 53: Fructosegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SCG</sub>, 1997 / 1998. **244**
- Tab. 54: Saccharosegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SCG</sub>, 1997 / 1998. **245**
- Tab. 55: Stärkegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SCG</sub>, 1997 / 1998. **246**
- Tab. 56: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede des Embryonenwassergehaltes der Frischsubstanz und des Gesamtzuckergehaltes der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SCG</sub> vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998. **247**
- Tab. 57: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede des Glucosegehaltes und des Fructosegehaltes der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SCG</sub> vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998. **248**
- Tab. 58: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede des Saccharosegehaltes und des Stärkegehaltes in der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SCG</sub> vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998. **249**
- Tab. 59: Embryonenwassergehalt in der Frischsubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SCS</sub>, 1997 / 1998. **250**
- Tab. 60: Gesamtzuckergehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SCS</sub>, 1997 / 1998. **251**
- Tab. 61: Glucosegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SCS</sub>, 1997 / 1998. **252**

- Tab. 62: Fructosegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SCS</sub>, 1997 / 1998. **253**
- Tab. 63: Saccharosegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SCS</sub>, 1997 / 1998. **254**
- Tab. 64: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede des Embryonenwassergehaltes der Frischsubstanz und des Gesamtzuckergehaltes der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SCS</sub> vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998. **255**
- Tab. 65: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede des Glucosegehaltes und des Fructosegehaltes der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SCS</sub> vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998. **256**
- Tab. 66: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede des Saccharosegehaltes in der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SCS</sub> vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998. **257**



**Tabellenverzeichnis Anhang 2 - Versuchsjahr 1996/1997**

	<b>Seite</b>
Tab. 67: Ergebnisse der Schnitttestbonitur an Eicheln von <i>Quercus robur</i> 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS <sub>SW</sub> Variante 1, Darstellung und statistische Bewertung der Entwicklung der potentiellen Vitalität im Verlauf der Konditionierung sowie der Unterschiede zwischen den Eicheln unterschiedlicher Behandlungen, Angaben zur Stichprobengröße je Termin und Behandlung, 1996 / 1997.	<b>258</b>
Tab. 68: Ergebnisse der Schnitttestbonitur an Eicheln von <i>Quercus robur</i> 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS <sub>SW</sub> Variante 2, Darstellung und statistische Bewertung der Entwicklung der potentiellen Vitalität im Verlauf der Konditionierung sowie der Unterschiede zwischen den Eicheln unterschiedlicher Behandlungen, Angaben zur Stichprobengröße je Termin und Behandlung, 1996 / 1997.	<b>259</b>
Tab. 69: Ergebnisse der Schnitttestbonitur an Eicheln von <i>Quercus robur</i> 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS <sub>SW</sub> Variante 3, Darstellung und statistische Bewertung der Entwicklung der potentiellen Vitalität im Verlauf der Konditionierung sowie der Unterschiede zwischen den Eicheln unterschiedlicher Behandlungen, Angaben zur Stichprobengröße je Termin und Behandlung, 1996 / 1997.	<b>260</b>
Tab. 70: Keimtestergebnisse [K%] bei Eicheln von <i>Quercus robur</i> 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS <sub>SW</sub> Varianten 1, 2 und 3, Ergebnisse der Konditionierungskontrollen und der FHTs im Verlauf der Konditionierungslagerung, 1996 / 1997.	<b>261</b>
Tab. 71: Stichprobenumfang n für Laboranalysen zur Bestimmung der Wassergehalte in der Embryonenfrischsubstanz und zur Bestimmung der Gehalte von Glucose, Fructose, Saccharose und Stärke in der Embryonentrockenssubstanz von potentiell vitalen (v) und erfrorenen (e) Eicheln der Herkunft <i>Quercus robur</i> 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS <sub>SW</sub> in drei unterschiedlichen Varianten der Klimaführung, 1996 / 1997.	<b>262</b>
Tab. 72: Vergleich des Embryonenwassergehaltes in konditionierten und frosthärtegeprüften Eicheln von <i>Quercus robur</i> 'Elmstein' aus drei Konditionierungsvarianten, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen den Konditionierungsvarianten, 1996 / 1997.	<b>263</b>

- Tab. 73: Vergleich des Gesamtzuckergehaltes in konditionierten und frosthärtegeprüften Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus drei Konditionierungsvarianten, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen den Konditionierungsvarianten, 1996 / 1997. **264**
- Tab. 74: Vergleich des Glucosegehaltes in konditionierten und frosthärtegeprüften Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus drei Konditionierungsvarianten, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen den Konditionierungsvarianten, 1996 / 1997. **265**
- Tab. 75: Vergleich des Fructosegehaltes in konditionierten und frosthärtegeprüften Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus drei Konditionierungsvarianten, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen den Konditionierungsvarianten, 1996 / 1997. **266**
- Tab. 76: Vergleich des Saccharosegehaltes in konditionierten und frosthärtegeprüften Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus drei Konditionierungsvarianten, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen den Konditionierungsvarianten, 1996 / 1997. **267**
- Tab. 77: Vergleich des Stärkegehaltes in konditionierten und frosthärtegeprüften Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus drei Konditionierungsvarianten, 1996 / 1997. **268**
- Tab. 78: Beziehung der im Zellsaft gelösten Zucker zum Gehalt in der Embryontrockensubstanz und dem Embryonenwassergehalt potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus den Konditionierungskontrollen und nach FHTs, 1996 / 1997. **269**
- Tab. 79: Embryonenwassergehalt in der Frischsubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> Variante 1, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine, 1996 / 1997. **270**

- Tab. 80: Gesamtzuckergehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> Variante 1, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997. **271**
- Tab. 81: Glucosegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> Variante 1, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997. **272**
- Tab. 82: Fructosegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> Variante 1, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997. **273**
- Tab. 83: Saccharosegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> Variante 1, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997. **274**

- Tab. 84: Stärkegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> Variante 1, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997. **275**
- Tab. 85: Embryonenwassergehalt in der Frischsubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> Variante 2, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine, 1996 / 1997. **276**
- Tab. 86: Gesamtzuckergehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> Variante 2, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997. **277**
- Tab. 87: Glucosegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> Variante 2, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997. **278**

- Tab. 88: Fructosegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> Variante 2, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997. **279**
- Tab. 89: Saccharosegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> Variante 2, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997. **280**
- Tab. 90: Stärkegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> Variante 2, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997. **281**
- Tab. 91: Embryonenwassergehalt in der Frischsubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> Variante 3, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine, 1996 / 1997. **282**

- Tab. 92: Gesamtzuckergehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> Variante 3, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997. **283**
- Tab. 93: Glucosegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> Variante 3, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997. **284**
- Tab. 94: Fructosegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> Variante 3, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997. **285**
- Tab. 95: Saccharosegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> Variante 3, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997. **286**

Tab. 96: Stärkegehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDSW Variante 3, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997. **287**

### **Tabellenverzeichnis Anhang 3 - Versuchsjahr 197 / 1998 Einzelbaumabsaaten**

#### **Seite**

- Tab. 97: Unterschiede in der Sprossachsenkeimung zwischen den Absaaten von *Quercus robur*-Einzelbäumen gleicher und unterschiedlicher Herkunft im Verlauf der Konditionierungslagerung, **288**
- Tab. 98: Unterschiede in der Sprossachsenkeimung zwischen den Absaaten von *Quercus robur*-Einzelbäumen gleicher und unterschiedlicher Herkunft im Verlauf der Konditionierungslagerung, **289**
- Tab. 99: Unterschiede in der Sprossachsenkeimung zwischen den Absaaten von *Quercus robur*-Einzelbäumen gleicher und unterschiedlicher Herkunft nach den auf die Konditionierung folgen den 21 tägigen  $-6^{\circ}\text{C}$  FHTs, **290**
- Tab. 100: Unterschiede in der Sprossachsenkeimung zwischen den Absaaten von *Quercus robur*-Einzelbäumen gleicher und unterschiedlicher Herkunft nach den auf die Konditionierung folgen den 21 tägigen  $-6^{\circ}\text{C}$  FHTs, **291**

## Abkürzungsverzeichnis

$\%_{\text{GW}}$	prozentualer Anteil am Gewicht
$^{\circ}\text{C}$	Grad Celsius
$^{14}\text{C}$	Kohlenstoffisotop mit 14 Neutronen
$^3\text{H}$	Tritium; Wasserstoffisotop mit 2 Neutronen
ABA	Abscisinsäure
B	Bestimmtheitsmaß
C	Konzentration
d	Tage
demin.	demineralisiert
EFS	Embryonenfrischsubstanz
ETS	Embryonentrockensubstanz
FG	Freiheitsgrad
FHT	Frosthärte test
g	Gramm
GA	Gibberellin
K	Kelvin
KOND	Konditionierungslagerung
$\text{KOND}_{\text{FL}}$	Freilandmiete
$\text{KOND}_{\text{SC}}$	Klimakammer bei im Tagesverlauf gleichbleibenden, über die Konditionierungsdauer schrittweise gesenkten Temperaturen
$\text{KOND}_{\text{SW}}$	Klimakammer unter Tag / Nacht Wechseltemperaturbedingungen
mg	Milligramm
MG	Molekulargewicht
ml	Milliliter
n	Anzahl
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
r	Maßkorrelationskoeffizient
$\chi$	Chi



## 1. Einleitung

Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind Untersuchungen zur Frosthärteinduktion in Eichensaatgut. Durch geeignete, einer längerfristigen Vorratslagerung vorangehende Konditionierungsbehandlungen sollten Eicheln in einen Zustand tieferer, persistenter Frosthärte versetzt werden. Dieser Zustand soll es ermöglichen, Eicheln als Forstsaatgut für eine Dauer von mehr als den derzeit möglichen 1 bis 2 Jahren bei Temperaturen zwischen  $-5^{\circ}\text{C}$  und  $-10^{\circ}\text{C}$  zu bevorraten.

Der forstwirtschaftliche Hintergrund dieses Vorhabens basiert auf längerfristigen waldbaulichen Zielsetzungen. Diese betreffen die Umwandlung vorhandener Forstbestände von Monokulturen in Mischwälder und die Neubegründung von Forstbeständen mit höherem Eichenanteil. Der Umsetzung dieser Zielsetzungen sind jedoch schon allein durch die physiologischen Eigenschaften des Eichensaatgutes enge Grenzen gesetzt.

Laut BML (1998) beträgt der Flächenanteil der Eichenarten Stieleiche (*Quercus robur* L.) und Traubeneiche (*Quercus petraea* [MATT.] LIEBL.) in der Bundesrepublik Deutschland 9% der Waldfläche. Entsprechend der langfristig ausgerichteten Waldbau-richtlinien der einzelnen Bundesländer soll dieser Flächenanteil, insbesondere durch Schaffung stabiler Mischbestände, erhöht werden. Dabei soll neben der Eiche auch der Flächenanteil der Buche von derzeit 14% (BML 1994) deutlich zunehmen.

Nach Angaben des BML (1994) könnte die Aufforstung bislang landwirtschaftlich genutzter Flächen eine dauerhafte Entlastung der Agrarmärkte und eine Erhöhung des eigenen Produktionspotentials für den umweltfreundlichen, nachwachsenden Rohstoff Holz erreichen. Weiter wird in einer Studie des BML (1994) das  $\text{CO}_2$ - Bindungspotential der bis zum Jahr 2005 um angenommene 150.000 ha gestiegenen Waldfläche mit 2 Millionen Tonnen jährlich angegeben.

Die Bestandesbegründung und Verjüngung der Eiche erfolgt nach SCHRÖDER (1999) derzeit in der Hauptsache über Pflanzung. Um die anfallenden Kulturkosten zu senken, wird nach einer von SCHRÖDER (1999) an die Landesforstverwaltungen gerichteten Umfrage in Zukunft der Naturverjüngung ein erhöhter Stellenwert beigemessen, die Aussaat soll die Pflanzung ersetzen. Nach OTTO (1994) benötigt die Naturverjüngung 2 bis

3, die Saat 4 bis 5 und die Pflanzung über 20 Prozessschritte bis zur an ihrem Wuchsort etablierten Pflanze.

Sowohl bei der Bestandesbegründung als auch bei der Verjüngung vorhandener Bestände greift das Gesetz über forstliches Saat- und Pflanzgut (BGBI 1979) mit seinen hohen Anforderungen. Es erlaubt nur den Vertrieb von forstlichem Vermehrungsgut, welches von amtlich zugelassenem Ausgangsmaterial abstammt. Danach müssen Eichenbestände ein Mindestalter von 70 Jahren und bei *Quercus robur* eine Mindestfläche von 0,5 ha, bei *Quercus petraea* eine Mindestfläche von 1 ha aufweisen. Mischbestände mit einer Artenvermischung von mehr als 1% dürfen nicht beerntet werden.

Vom Gesetz unterschieden werden die Kategorien „Ausgewähltes Vermehrungsgut“, „Geprüftes Vermehrungsgut“ sowie „Vermehrungsgut mit herabgesetzten Anforderungen“, welches nur mit Erlaubnis des BML bei Engpässen in der Saatgutversorgung vertriebsfähig ist.

Da das Saatgutaufkommen von *Quercus robur* und *Quercus petraea* starken Schwankungen unterworfen ist, lässt sich häufig der Bezug einer dem jährlichen Bedarf entsprechenden Saatgutmenge bei gleichzeitiger Berücksichtigung der gesetzlichen Vorgaben nicht realisieren. LÖFFLER (1986) bezifferte die benötigte Pflanzenmenge mit ca. 60 Millionen Eichen jährlich, was etwa 343 t Saatgut entspricht. SPETHMANN (1997) gibt an, dass ca. 1000 t Saatgut für die in Zukunft jährlich benötigten 100 Millionen Pflanzen ausreichen, während in Vollmastjahren mit Saatgutaufkommen von bis zu 10.000 t (LÖFFLER 1986) zuviel Saatgut vorhanden ist.

In der Zeit von 1983 bis 1995 betrug die mittlere Inlandernte bei *Quercus robur* ca. 300 t und bei *Quercus petraea* ca. 420 t (BEF 1993 und BLE 1997, cit. ex SCHRÖDER 1999), wobei für *Quercus robur* im betrachteten Zeitraum zwei Spitzenernten mit ca. 600 t (1988) und ca. 1000 t (1992) zahlreichen schwächeren, das Jahresmittel z.T. weit unterschreitenden Ernten gegenüberstanden. Bei *Quercus petraea* konnten im Vergleich häufiger gute bis mittlere Ernten bis 500 t und mehr registriert werden.

Die von SCHRÖDER (1999) aufbereiteten Daten harmonieren mit den in der Literatur anzutreffenden Angaben zur Häufigkeit von Vollernten, obwohl im betrachteten Zeitraum die höchsten Erntemengen im engeren als dem von ROHMEDER (1972) angegebenen 10 jährigen Abstand auftraten. Innerhalb eines Jahrzehnts treten nach ROHMEDER

(1972) eine Vollernte (71% bis 100% einer maximalen Vollernte), eine Halbernte (41% bis 70% einer Vollernte) und bis zu vier Teilernten (10% bis 40% einer Vollernte) auf.

Obwohl nach SCHRÖDER (1999) insgesamt ein Rückgang der Nachfrage an Eichen- und Buchenbaumschulware durch eine vermehrte Zuwendung zur Naturverjüngung und einer Abnahme der als notwendig erachteten Pflanzendichte zu verzeichnen ist, gibt es dennoch insbesondere bei der Eiche Defizite im kontinuierlichen Angebot an geeignetem Pflanzenmaterial zur Erreichung der forstbaulichen Zielsetzungen.

Der in der Forstwirtschaft schon seit langem verfolgten Strategie, Eicheln in Vollerntejahren einzulagern, um überschüssiges Saatgut durch Bevorratung in Jahren mit schwachem Ernteaufkommen verfügbar zu haben, wurde in der Vergangenheit insbesondere durch die physiologischen Besonderheiten der Eicheln, sich im nicht ruhenden Zustand vom Mutterbaum zu trennen und sensibel auf Frost und Austrocknung zu reagieren, enge Grenzen auferlegt.

Der in der Literatur für die Umschreibung von Saatgut mit hohem Wassergehaltsbedürfnis häufig verwendete Begriff „rekalzitranter Saatgut“ geht auf ROBERTS (1973) zurück, der schrieb: „In these seeds, which I shall refer to as recalcitrant, a decrease in moisture content below some relatively high value – anything between 12 and 31 % moisture content, depending on the species – tends to decrease the period of viability.“

Diesen „widerspenstigen Arten“ stellt ROBERTS (1973) die Arten gegenüber, deren Saatgut sich auf Wassergehalte von 2 bis 5 % heruntrocknen lässt und spricht hier von orthodoxem Saatgut: „I shall term such viability behaviour as orthodox.“

Der hohe Wasserbedarf und die metabolische Aktivität der Eicheln von *Quercus petraea* und *Quercus robur* sind der Kern der Lagerproblematik. Mit den Mitteln der heutigen Praxis lassen sich Eicheln aufgrund ihres hohen Wassergehaltes und der damit verbundenen Gefahr einer intrazellulären Eisbildung nicht durch tiefere Frosttemperaturen (um  $-5^{\circ}\text{C}$  und darunter) in eine Zwangsrufe versetzen. Bei höheren Temperaturen um  $0^{\circ}\text{C}$  und hoher, rekalcitranzkonformer Luftfeuchtigkeit im Lager sind Eicheln jedoch physiologisch aktiv, keimen und/oder verlieren durch physiologische Alterung ihre Vitalität (GUTHKE 1992; PAMMENTER et al. 1994; SUSZKA et al. 1996). Phytosanitäre Probleme (Pilzkrankheiten) verschärfen die Lagerproblematik unter rekalcitranzkonformen Klimabedingungen.

Aus einem von SCHRÖDER (1999) erstellten historischen Abriss der Entwicklung der Eichensaatgutlagerung und der Darstellung des aktuellen Standes der in Deutschland und anderen Eichensaatgut produzierenden Ländern vollzogenen technologischen Entwicklung geht als Resümee hervor, dass ein Lagerungsverfahren mit den Schritten Abschwemmen, Thermotherapie und Lagerung bei  $-1^{\circ}\text{C}$  bis  $-3^{\circ}\text{C}$  bei Aufrechterhaltung der Feuchte im Saatgut von über 40% als das derzeit am weitesten entwickelte und aktuellste Verfahren zu nennen ist.

Seit der ersten Artikulation der Notwendigkeit der Prozessbestandteile „Abschwemmen“ (MANTEUFFEL 1874 und GRUNDNER 1901, beide cit. ex SCHRÖDER 1999) und der Lagerung in hinsichtlich der Temperatur und Luftfeuchte regulierbaren Kühlräumen sowie der Behandlung der Eicheln mit „Bordelasser Brühe“ oder „Kupfersodabrühe“ zur Minderung der Schimmelbildung (BURGER 1921, cit ex SCHRÖDER 1999) hat sich aus rein technischer Sicht eine Weiterentwicklung der verwendeten Kühltechnologie und der Effizienz der überwiegend protektiv wirkenden Pflanzenschutzmittel und deren Applikation vollzogen. Das Kernziel, Eicheln für mehrere Jahre bei Erhalt einer hohen Keimfähigkeit zu bevorraten, wurde bei gestiegenem Aufwand jedoch nicht erreicht.

Nach BERENDES und PREUBENDORFF (1999) sind derzeit keine Pflanzenschutzmittel mit Anwendungen gegen Pilze an Forstsaatgut zugelassen und Anwendungen an Forstsaatgut zukünftig untersagt (§ 6a Abs. 1 PflSchG).

Mit der von DELATOUR (1978) eingeführten Thermotherapie, bei der das Saatgut bei  $41^{\circ}\text{C}$  bis  $42^{\circ}\text{C}$  für zwei Stunden im Wasserbad therapiert wird, um den Schwärzepilz *Ciboria batschiana* (Zopf) Buchwald zu bekämpfen, wurde zwar eine effektive Maßnahme zur Lösung eines überaus ernst zu nehmenden phytosanitären Problems ergriffen, letztlich kann jedoch auch mit diesem Werkzeug nur die phytosanitäre Qualität der Eicheln innerhalb der ursächlich physiologisch diktierten Lebensdauer im Lager auf vergleichsweise hohem Niveau gehalten werden.

Einen innovativen, weil auf die physiologischen Fähigkeiten der Eicheln abzielenden Ansatz zur Lagerung von Eichensaatgut lieferte GUTHKE (1992). Er wollte das natürliche Abhärtungsvermögen der Eicheln nutzen, um diese effektiv gegen tiefere Lagertemperaturen deutlich unter  $0^{\circ}\text{C}$  zu konditionieren.

Die bereits seit längerem bekannte Fähigkeit der Eicheln, eine gewisse Frosthärte aufzubauen (OPPERMANN 1913; MESSER 1951; NEMKY 1964), hat GUTHKE (1992) anhand systematischer ökophysiologischer Beobachtungen näher charakterisiert. GUTHKE

(1992) stellte dabei fest, dass Eichen im Freiland bis Januar eine Frosthärte aufbauen und diese anschließend bis März / April weitestgehend wieder verlieren. Diese Beobachtung war Anlass für erste Versuche, die zeigten, dass sich durch Tag / Nacht Temperaturwechsel zwischen +5°C (12h Tag) und 0°C (12h Nacht) im Kühlraum Eichen in entsprechender Weise kontrolliert abhärten lassen (GUTHKE 1993).

An dieser Stelle setzen die Konditionierungsversuche der vorliegenden Arbeit an. Schwerpunkt der Arbeit war es zu prüfen, in wie weit sich durch Modifikation der Tag / Nacht - Temperaturwechsel das Abhärtungsvermögen der konditionierten Eichen zur Ausbildung einer möglichst tiefen und persistenten Frosthärte stimulieren lässt und ob es überhaupt notwendig ist, Eichen einem Tag / Nacht Temperaturwechsel auszusetzen, um eine vor Frostschäden schützende Abhärtung in den Eichen zu induzieren.

Die schädigende Wirkung von Froststress basiert im wesentlichen auf der Bildung von Eiskristallen in Zellen und Geweben und der aus dem Wachstum der Eiskristalle resultierenden mechanischen Schädigung der Zellen sowie der Dehydrierung der Protoplasten durch ein Dampfpartialdruckgefälle bei extrazellulärer Eisbildung und der daraus resultierenden Schädigung der Zellmembranen. In Pflanzen aus entsprechender klimatischer Herkunft sind einige unter genetischer Kontrolle stehende Mechanismen anzutreffen, die sie vor derartig hervorgerufenen Schädigungen schützen. Diese Mechanismen zielen im wesentlichen darauf ab, die Eisbildung aus der Zelle heraus in die Interzellularen zu verlagern oder ganz in der Pflanze zu unterdrücken, den Gefrierpunkt des Cytoplasmas zu senken, um eine tiefe Unterkühlbarkeit (super cooling) ohne Eisbildung zu erreichen, die Zellmembranen zu stabilisieren und die Fluidität der Membranen zu erhalten, die Toleranz der Membranen und des Protoplasmas gegen Dehydrierung zu erhöhen (KOZLOWSKI et al. 1991; LARCHER 1994; CLOSE 1996; HUGHES und DUNN 1996; PEARCE 1999; BRESSAN et al. 2000).

Das zeigt, dass die Toleranz gegen Frost und die Toleranz gegen Austrocknung zum Teil auf den gleichen genetisch determinierten Mechanismen basieren und dass dem Schutz der Zellmembranen eine Schlüsselfunktion beim Toleranzerwerb zukommt (CLOSE 1996; HUGHES und DUNN 1996; PEARCE 1999; BRESSAN et al. 2000).

Vier Grundmechanismen der Frosttoleranz sind nach folgend aus der oben zitierten Literatur kurz zusammengefasst.

Proteinsynthese,

Synthese hydrophiler, andere Proteine und Membranen stabilisierender RAB (responsive to ABA), LEA (late embryo abundant) und DHN (dehydrin) Proteine, die gebildet werden, wenn den Zellen Dehydrierung durch Frost oder Wasserknappheit droht und deren Genexpression durch Abscisinsäure (ABA) induziert wird. Synthese von extrazellulären Proteinen mit Gefrierschutzwirkung (AFPs, Antifreeze-proteins) in der Epidermis und in Interzellularen, wo sie sich an die Oberflächen von Eiskristallen anlagern und deren Wachstum verlangsamen oder unterbinden.

Zuckeranreicherung,

insbesondere Saccharose, dem wichtigsten zur Frosttoleranz beitragenden Zucker, aber auch Raffinose, Fructane, Sorbitol oder Mannitol,

Anreicherung anderer organischer, osmotisch aktiver Stoffe ohne Einfluss auf die Enzymfunktion (compatible solutes) zur osmotischen Einstellung durch Netto-Teilchenzunahme beim Senken des Wasserpotentials, z.B. Kalium, Aminosäuren und Aminosäurederivate, cyclische und acyclische Polyole, Amino- und Schwefelkomponenten, Prolin, Glycinbetain, Saccharose. Die wesentliche Funktion eines „compatible solute“ sehen BOHNERT und SHEN (1999) in der Stabilisierung von Proteinen, Proteinkomplexen und Membranen aber auch als Schutz von Proteinen und Membranen gegen Sauerstoffradikale (ROS, reactive oxygen species, z.B. Superoxyde, Hydroxylradikale, Singlet-Sauerstoff und Wasserstoffperoxyd).

Langsame Dehydrierung des Protoplasten, Verlagerung der Eisbildung aus der Zelle in Hohlräume, wobei die Frostresistenz von der Größe der Interzellularen, d.h. dem für die Eiskristallbildung verfügbaren Raum und der Resistenz des Protoplasmas gegen Wasserentzug begrenzt wird.

Einige dieser Schutzmechanismen wurden bei Untersuchungen zur Rekalzitranz zumindest eingeschränkt in Eicheln angetroffen und im Zusammenhang mit der trotzdem hohen Trocknungssensibilität vor dem Hintergrund möglicher Ursachen diskutiert (FINCH-SAVAGE et al. 1992; HENDRY et al. 1992; POULSEN 1992; FINCH-SAVAGE und BLAKE 1994; FINCH-SAVAGE et al. 1994; SUN et al. 1994; FINCH-SAVAGE et al. 1996; FINCH-SAVAGE und FARRANT 1997).

Aufgrund der Bedeutung des Wasser- und Zuckergehaltes für die Entwicklung von Frosthärte einerseits und dem Auftreten von Trocknungsschäden andererseits wurden

die Effekte unterschiedlicher Konditionierungsbedingungen auf den Wasser- und Zuckerhaushalt der Eicheln untersucht.

Außerdem wurde in begleitenden Untersuchungen beobachtet, welche Bedeutung der Größe der Eicheln und dem Saatgutmutterbaum bei der Entwicklung von Frosthärte im Konditionierungslager zukommt.

## 2. Material und Methode

Im Interesse einer leichteren Nachvollziehbarkeit der durchgeführten Versuche in ihren einzelnen Arbeitsschritten, sollen diesem Kapitel zwei Flussdiagramme zum Versuchsablauf vorangestellt werden.

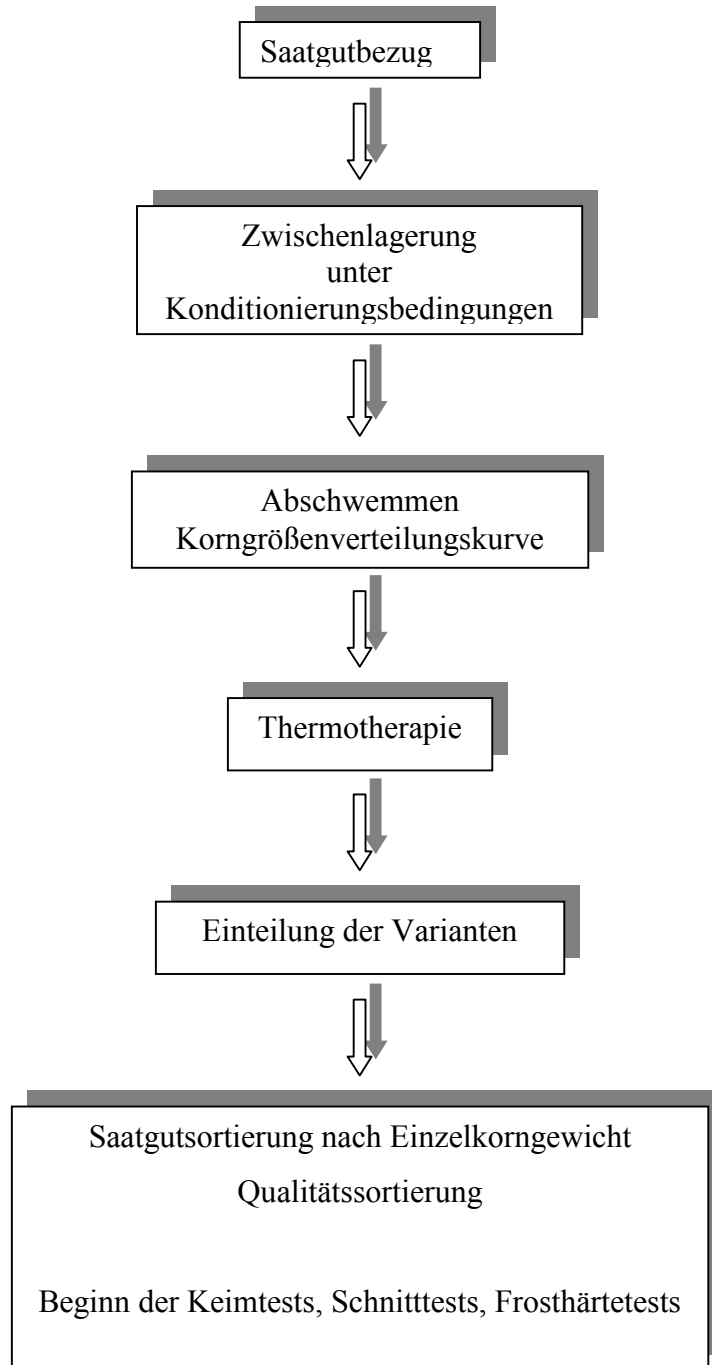


Abb. 1: Arbeitsschritte von Saatgutlieferung bis Versuchsbeginn



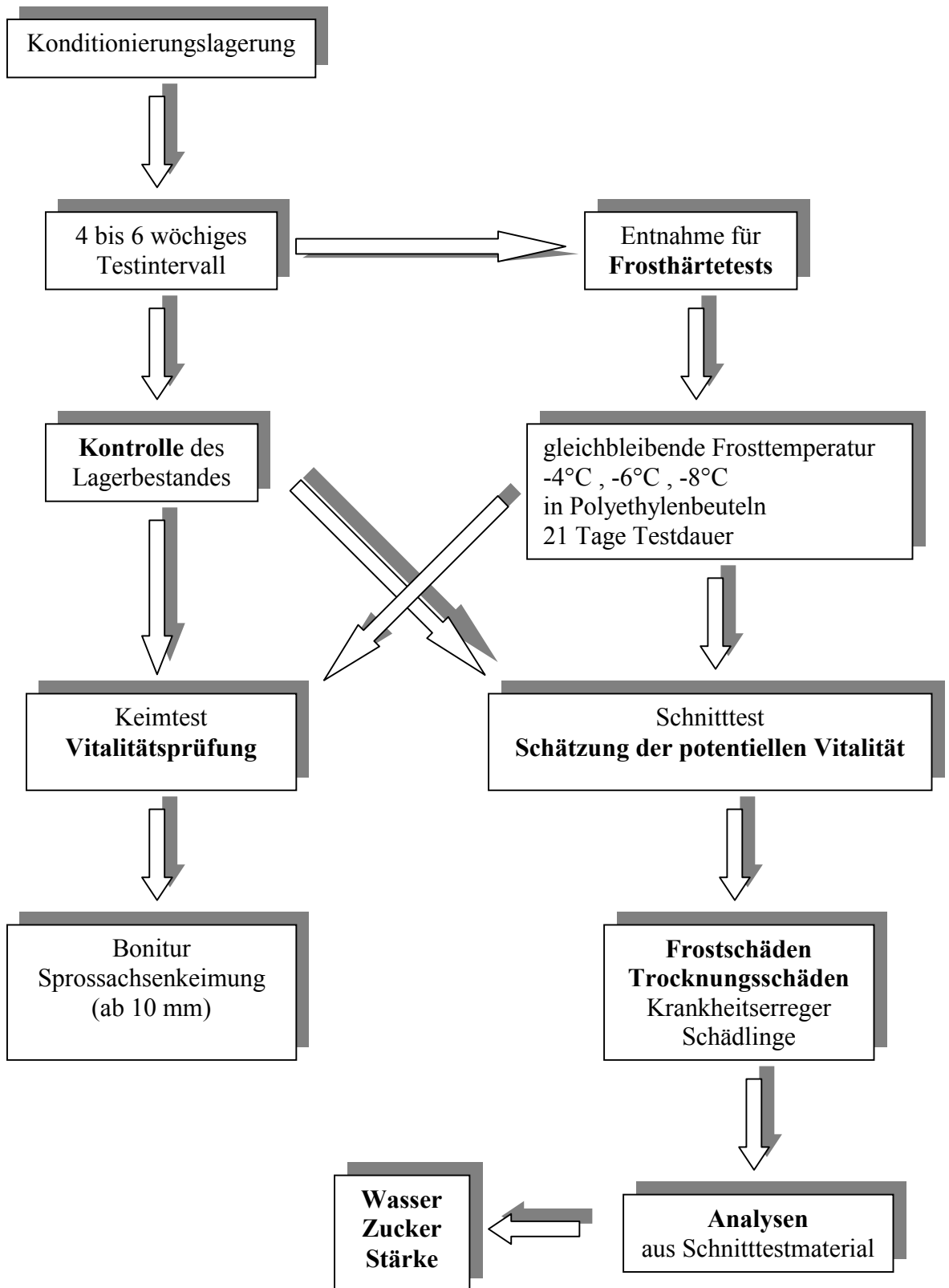


Abb. 2: Ablaufschema der Untersuchungen im Rahmen der Konditionierungsversuche, 1996 bis 1998.

## 2.1. Saatgut

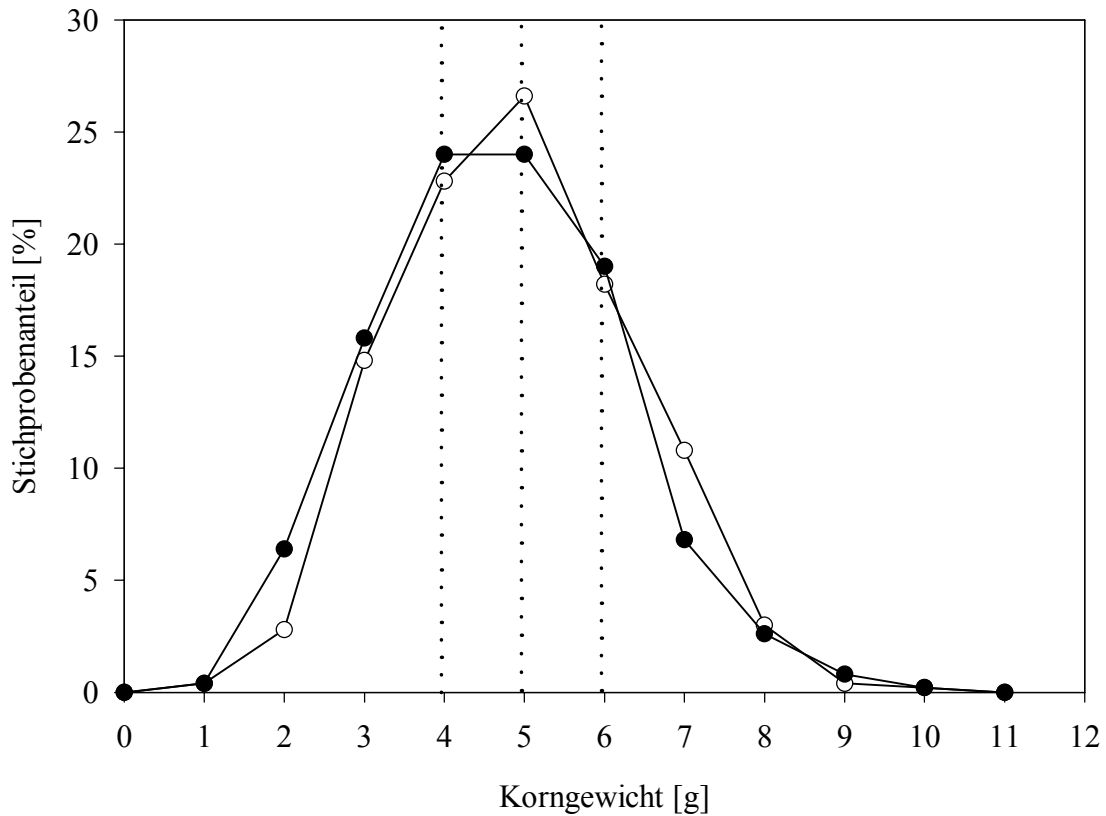
Für die Durchführung der Konditionierungsversuche wurde Saatgut von *Quercus robur* der Herkünfte 'Elmstein' (1996 / 1997, bezogen von der Staatlichen Samenklengung Elmstein 22.10.1996) und 'Quickborn' (1997/ 1998, Straßenbaumabsaaten bezogen vom Forstamt Rantzau 14.10.1997) verwendet.

Für die Durchführung der Versuche zum Vergleich von Einzelbaumabsaaten 1997 / 1998 wurde neben den vom Forstamt Rantzau gelieferten *Quercus robur* 'Quickborn' Einzelbaumabsaaten auch eigene Sammlungen (Oktober 1997) aus Hannover-Herrenhausen, Steinberg-Sarstedt und vom BFH-Gelände in Großhansdorf verwendet.

Tab. 1: Bezeichnung und Herkunft der Einzelbaumabsaaten, 1997 / 1998

<b>Bezeichnung</b>	<b>Herkunft</b>
EB 01	Fachbereich-Gartenbau, Hannover-Herrenhausen
EG 02 (Kleingruppe 3 Bäume)	Fachbereich-Gartenbau, Hannover-Herrenhausen
EB 04	Fachbereich-Gartenbau, Hannover-Herrenhausen
EB 08	Fachbereich-Gartenbau, Hannover-Herrenhausen
EB 41	BFH-Gelände, Großhansdorf
EB 61	Steinberg, Sarstedt
EB 301	Straßenbaum, Quickborn
EB 302	Straßenbaum, Quickborn
EB 303	Straßenbaum, Quickborn
EB 307	Straßenbaum, Quickborn
EB 308	Straßenbaum, Quickborn
EB 309	Straßenbaum, Quickborn
EB 310	Straßenbaum, Quickborn
EB 312	Straßenbaum, Quickborn

Nach Ankunft am Institut wurden die Eicheln sofort unter Konditionierungsbedingungen eingelagert und zum nächst möglichen Termin einer Thermotherapie an der Forstsaatgut-Beratungsstelle in Oerrel unterzogen.



—○— *Quercus robur* 'Elmstein'  
 Stichprobe Versuchsjahr 1996 / 1997  
 Einzelkorngewicht [g]:  $4,9 \pm 1,4$   
 n = 500

—●— *Quercus robur* 'Quickborn'  
 Stichprobe Versuchsjahr 1997 / 1998  
 Einzelkorngewicht [g]:  $5,1 \pm 1,5$   
 n = 500

Abgeleitete Gewichtsklassen [g]  
 1996 / 1997 und 1997 / 1998

I: bis 3,9  
 II: 4,0 bis 4,9  
 III: 5,0 bis 5,9  
 IV: ab 6,0

Abb. 3: Einteilung des zu prüfenden Saatgutes in Gewichtsklassen anhand einer Verteilungskurve. Die Gewichtsklassen bildeten in den durchgeführten Versuchen jeweils die Wiederholungen 1 bis 4 eines zu untersuchenden Parameters, 1996 / 1997 und 1997 / 1998

Zurück zu S. 44, 120

Vor Aufteilung der Eicheln in unterschiedliche Konditionierungslager wurde das Saatgut nach dem Abschwemmen unter dem Kriterium des Einzelkorngewichts als Population erfasst. Durch Aufteilung des zu untersuchenden Saatgutlagerbestandes in vier Gewichtsklassen (Abb. 3, S. 43) sollte so die Variabilität des Materials und damit möglicherweise verbundene unterschiedliche Reaktionen auf die Konditionierungsbehandlungen im Mittel über jeweils vier Wiederholungen je untersuchtem Parameter berücksichtigt werden können.

Um einen Eindruck von der Streuung der Korngewichte innerhalb und zwischen den verwendeten Einzelbaumabsaaten zu erhalten, wurden aus den vorhandenen Lagerbeständen der Einzelbaumabsaaten Stichproben gezogen und miteinander verglichen (Abb. 4, S. 44).

Zusammen mit der Gewichtsklassensortierung wurde eine Qualitätssortierung vorgenommen, um von vornherein einen möglichst hohen phytosanitären Qualitätsstandard im Lager zu erhalten.

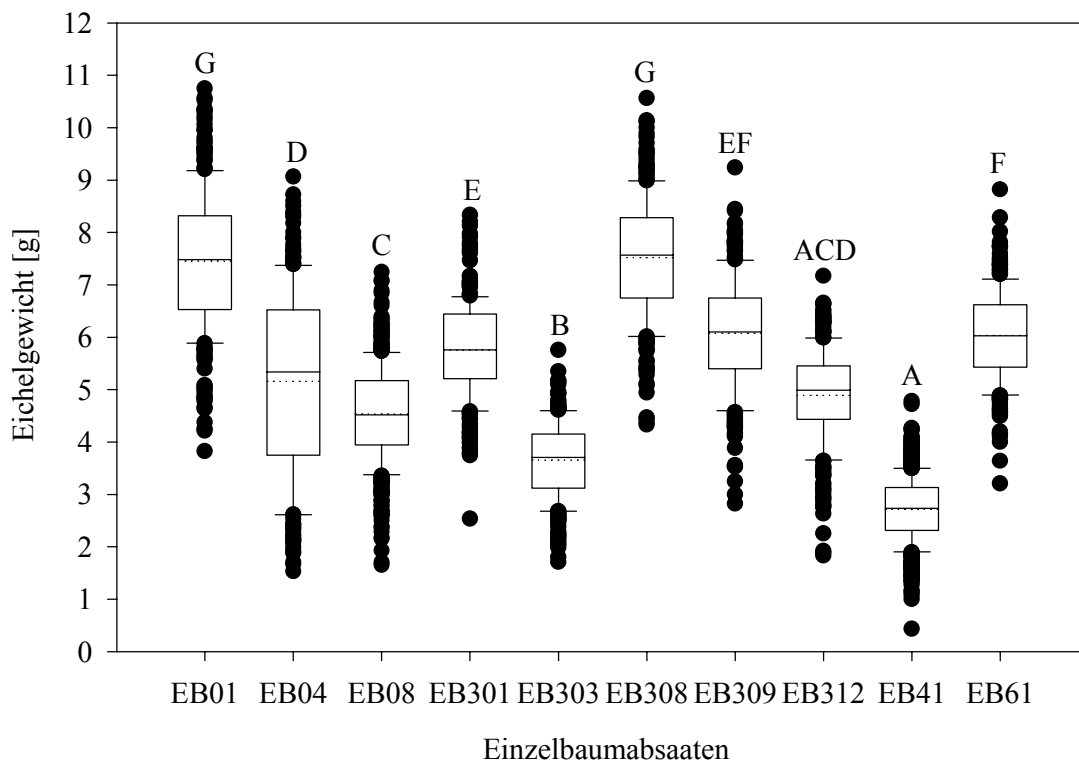


Abb. 4: Streuung der Eichelgewichte bei Einzelbaumabsaaten, signifikante Unterschiede zwischen den jeweiligen Mittelwerten sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei A den kleinsten der verglichenen Mittelwerte bezeichnet,  $p \leq 0,05$ ,  $n = 250$ , 1997 / 1998. Zurück zu S. 44

## 2.2. Konditionierungslagerung

Die Versuche zur Frosthärteinduktion (Konditionierung (KOND)) unter unterschiedlichen Tag / Nacht - Wechseltemperaturbedingungen (KOND<sub>SW</sub>) erfolgten in RUMED-Klimakammern, auf welche das Saatgut gleichmäßig aufgeteilt und zufallsverteilt in den Prüfräumen eingestellt wurde.

Die Wertvorgabe für die Steuerung der relativen Luftfeuchtigkeit betrug in allen Konditionierungslägern 85% - 95%, so dass zu Beginn der Konditionierungsversuche der angestrebte, dem rekalzitranten Charakter der Eicheln entgegenkommende Istwert von 95% Luftfeuchtigkeit durch Zusatzbefeuchtung und Wasserabgabe der Eicheln ohne Vernässung des Saatgutes erreichbar war.

Eine Ausnahme bildete die Variante „schrittweises Abkühlen“ (KOND<sub>SC</sub>, 1997 / 1998), welche in einer bezüglich der relativen Luftfeuchtigkeit nicht steuerbaren RUMED-Klimakammer untergebracht wurde.

Hier stellte sich heraus, dass ohne zusätzliche Luftbefeuchtung die im Prüfraum zur gleichmäßigen Temperatur- und Luftfeuchteverteilung notwendige schwache Luftumwälzung das eingelagerte Saatgut sehr schnell sichtbar austrocknete. Das Wasser kondensierte am Kühlelement der Klimakammer, so dass durch den Entzug von Wasser aus der Lageratmosphäre ein andauernder, im Vergleich zu den anderen Klimakammern stärkerer Gradient von den Eicheln zur umgebenden Atmosphäre bestand.

Dieser Vorgang führte dazu, dass in diesem Lager das Saatgut nach 69 Tagen Konditionierungsdauer unter „ariden“ Bedingungen erneut abgeschwemmt werden musste, um durch Austrocknung geschädigte und nicht geschädigte Eicheln voneinander zu trennen. Daraus resultierte eine Aufteilung des Saatgutes in die Varianten KOND<sub>SCG</sub> (beim Abschwemmen auf den Behältergrund gesunken, 24 %<sub>GW</sub> der abgeschwemmten Ausgangspopulation) sowie KOND<sub>SCS</sub> (abgeschwemmte Eicheln, 76 %<sub>GW</sub> der abgeschwemmten Ausgangspopulation), welche durch Folienhauben über den Lagerbehältern vor direktem Kontakt zur umgewälzten Luft geschützt wurden bis zur weiteren Untersuchung. Das Saatgut wurde durch diesen Eingriff formal in Mantelkühlraumbedingungen überführt.

Um bei den mit einer Luftbefeuchtungsanlage ausgestatteten Klimakammern eine Vereisung der Kühlanlagen zu vermeiden, betrug die untere Temperaturgrenze für

Tab. 2: Temperaturführung im 12h Tag / Nacht – Wechsel während der Konditionierungsbehandlung von Eichensaatgut mit drei Wechseltemperaturvarianten (KOND<sub>SW</sub>), *Quercus robur* 'Elmstein', 1996 /1997.

Zurück zu S. 101

	KOND <sub>SW</sub>		
	Variante 1	Variante 2 "arid"	Variante 3 "humid"
22.10.1996 bis 07.11.1996	+3°C / 0°C	+3°C / 0°C	+3°C / 0°C
07.11.1996 bis 03.12.1996	+3°C / 0°C	+3°C / -2°C	+3°C / 0°C
03.12.1996 bis 24.02.1997	+2°C / -2°C	0°C / -4°C	+3°C / 0°C
24.02.1997 bis 21.04.1997	+2°C / -4°C	0°C / -4°C	+2°C / -2°C

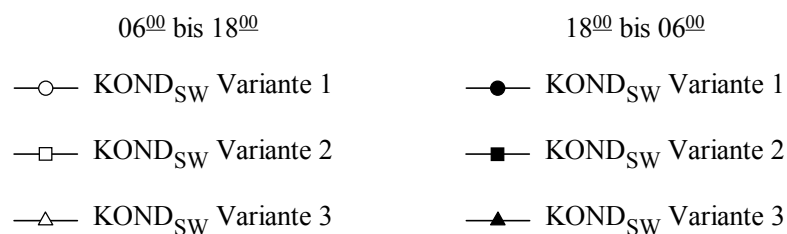
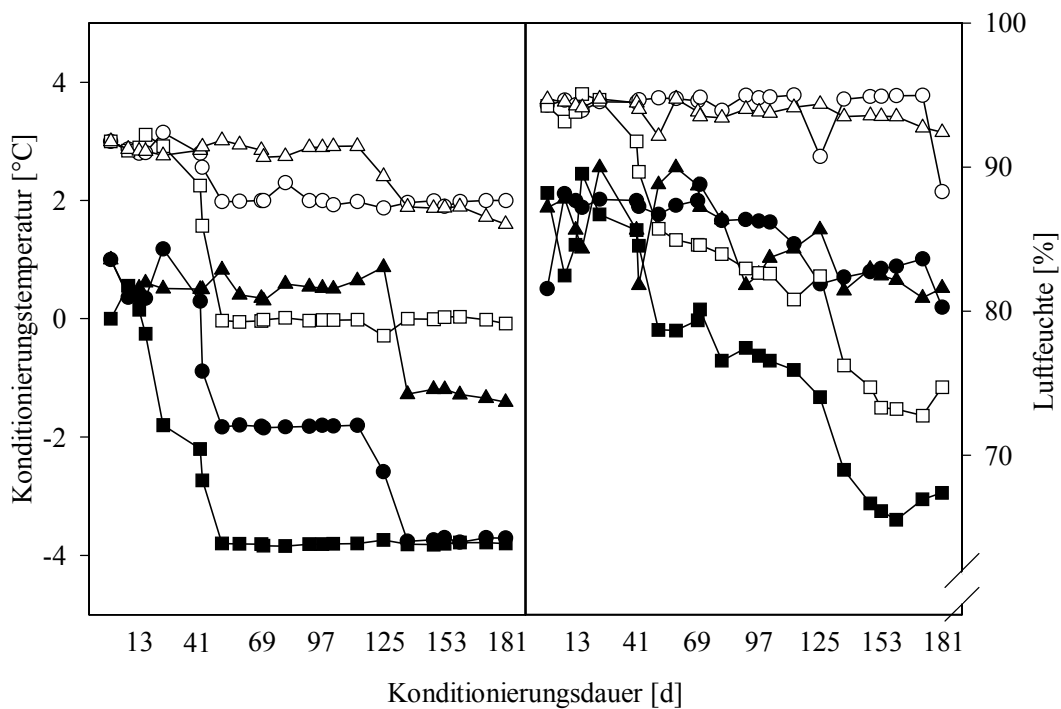


Abb. 5: Tages- und Nachtmittelwerte der im Konditionierungslager herrschenden Temperatur und Luftfeuchtigkeit während der Konditionierung von *Quercus robur* 'Elmstein' in drei Klimavarianten, 1996 / 1997.

Zurück zu S. 47, 66, 101, 140

den Einsatz der Luftbefeuchtungsanlagen  $+2^{\circ}\text{C}$ . Bei Temperaturen unter  $+2^{\circ}\text{C}$  nahm die relative Luftfeuchtigkeit in der jeweiligen Klimakammer durch Ausfrieren des Wassers an den Kühlelementen ab, was zu „ariden“ Klimabedingungen führte (Abb. 5, S.46; Abb. 6, S. 49). Je länger und je tiefer die Temperaturschwingungen bei den unterschiedlichen Varianten der  $\text{KOND}_{\text{SW}}$  unter  $+2^{\circ}\text{C}$  geführt wurden, umso stärker veränderte sich das Lagerklima von einem anfangs „humiden“ zum letztlich graduell unterschiedlich „ariden“ Konditionierungsklima. Im Versuchsjahr 1997 / 1998 wurden zur Aufrechterhaltung einer möglichst hohen Luftfeuchtigkeit bei gleichzeitig möglichst kalter Konditionierung kurze „Warmphasen“ eingeschoben, um ein Austrocknen des Saatgutes zu vermeiden.

Durch eine an die Kühlanlage gekoppelte, übergeordnet geschaltete Abtauheizung wurden die Kühlelemente eisfrei und damit funktionsfähig gehalten. Die dabei am Lüfterausgang (Messort der Temperatur) trotz stillstehender Ventilation zu messenden warmen „Abtaupeaks“ entstehen durch Konvektion und dringen nicht ins Lagergut vor (Abb. 8, S. 51).

Zum Erfassen der Temperatur im Lagergut (zwischen den Früchten) wurde ein zusätzlicher Temperatursensor in einem Lagergefäß in der Raummitte der Klimakammer untergebracht.

Als Lagergefäße für das Saatgut in den Klimakammern dienten während der Konditionierungslagerung zunächst gelochte bzw. geschlitzte Kunststoffkisten mit dem Grundmaß  $600 \times 300 \text{ mm}$ , wodurch ein gleichmäßiges Einstellen des Lagerklimas an allen Saatgutpartien sichergestellt werden sollte. Nach der Sortierung wurde das Saatgut in am Boden gelochten, oberseits offenen Kunststoffcontainern mit den Kantenmaßen  $180 \times 180 \times 180 \text{ mm}$  gelagert.

Neben den Konditionierungsversuchen in den Klimakammern wurde im Versuchsjahr 1997/1998 ein Freilandversuch in einer Laubmiete durchgeführt, um Eicheln als Vergleich zu den Klimakammerversuchen unter natürlichen Klimabedingungen (Abb. 7, S. 50) zu konditionieren. Hierzu wurden die in halb gefüllten Gitterkisten gelagerten Eicheln zunächst mit einem luft- und wasserdurchlässigen Synthetikvlies und darüber mit einer ca. 10 cm dicken Sandschicht abgedeckt. Die nebeneinander auf Paletten stehenden Kisten wurden dann rundum mit einer ca. 50 cm dicken Laubschicht eingedeckt.

Die Laubdecke enthielt keine Eichenblätter. Unter den Paletten konnte Luft zirkulieren, soweit es die über den Palettenrand hinausreichende Laubabdeckung zuließ.

Tab. 3: Temperaturführung während der Konditionierungsbehandlung von Eichensaatgut mit unterschiedlichen Konditionierungsmethoden, *Quercus robur* 'Quickborn', 1997 /1998.

Zurück zu S. 63

	<b>KOND<sub>SW</sub></b> "arid"	<b>KOND<sub>SC</sub></b> "intermediär" <sup>(a)</sup>	<b>KOND<sub>FL</sub></b> "humid"
14.10.1997 bis 11.11.1997	+2°C / 0°C		
11.11.1997 bis 17.11.1997	+2°C / -1°C		
17.11.1997 bis 02.12.1997	+2°C / -2°C		
02.12.1997 bis 15.01.1998	+2°C / -3°C		
15.01.1998 bis 19.03.1998	0°C / -3°C		
19.03.1998 bis 16.06.1998	0°C / -3°C		
	( +2°C ) / -3°C <sup>(c)</sup>		
14.10.1997 bis 01.11.1997		0°C	
01.11.1997 bis 17.11.1997		-1°C	
17.11.1997 bis 02.12.1997		-2°C	
02.12.1997 bis 16.06.1998		-3°C <sup>(b)</sup>	
14.10.1997 bis 16.03.1998			Freiland
16.03.1998 bis 16.06.1998			0°C / -3°C
			( +2°C ) / -3°C <sup>(c)</sup>

**a & b:** Das Saatgut wurde nach 69 Tagen Konditionierungslagerung während der Konditionierung bei -3°C abgeschwemmt und aus den „ariden“ Klimabedingungen kühltechnisch in Mantelkühlraumbedingungen überführt (s. S. 13).

**c:** +2°C wurden als 30 minütiger Einschub in der 0°C-Phase zur Luftbefeuchtung gegeben.

KOND<sub>SW</sub>: 12h Tag / Nacht Temperaturwechsel

KOND<sub>SC</sub>: Schrittweise gesenkte, im Tagesverlauf gleichbleibende Temperatur

KOND<sub>FL</sub>: Konditionierung in einer Freilandmiete mit anschließender Überführung in eine Klimakammer unter die Bedingungen der KOND<sub>SW</sub>.

Im Lagergut in der Mitte der Miete wurde ein Temperatur- und ein Feuchtesensor untergebracht, um die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit im Lagergut (zwischen den Früchten) zu messen. Ein Temperatursensor wurde direkt über der Laubdecke installiert. Die Konditionierung im Freiland erfolgte von Mitte Oktober 1997 bis Mitte März 1998. Danach wurden die verbliebenen Eicheln des Freilandversuches gereinigt in eine Klimakammer unter Wechseltemperaturbedingungen überführt.



Die Erhebung und Speicherung der Klimadaten aus den einzelnen Lägern erfolgt mit Hilfe einer auf die Messsensoren abgestimmten RUMED-rcs-Software im 300 sec. Intervall.

Zur Prüfung der erzielten Frosthärte wurde konditioniertes Saatgut in ca. vier- bis sechswöchigem Abstand aus den Klimakammern entnommen und einem Frosthärtetest unterzogen.

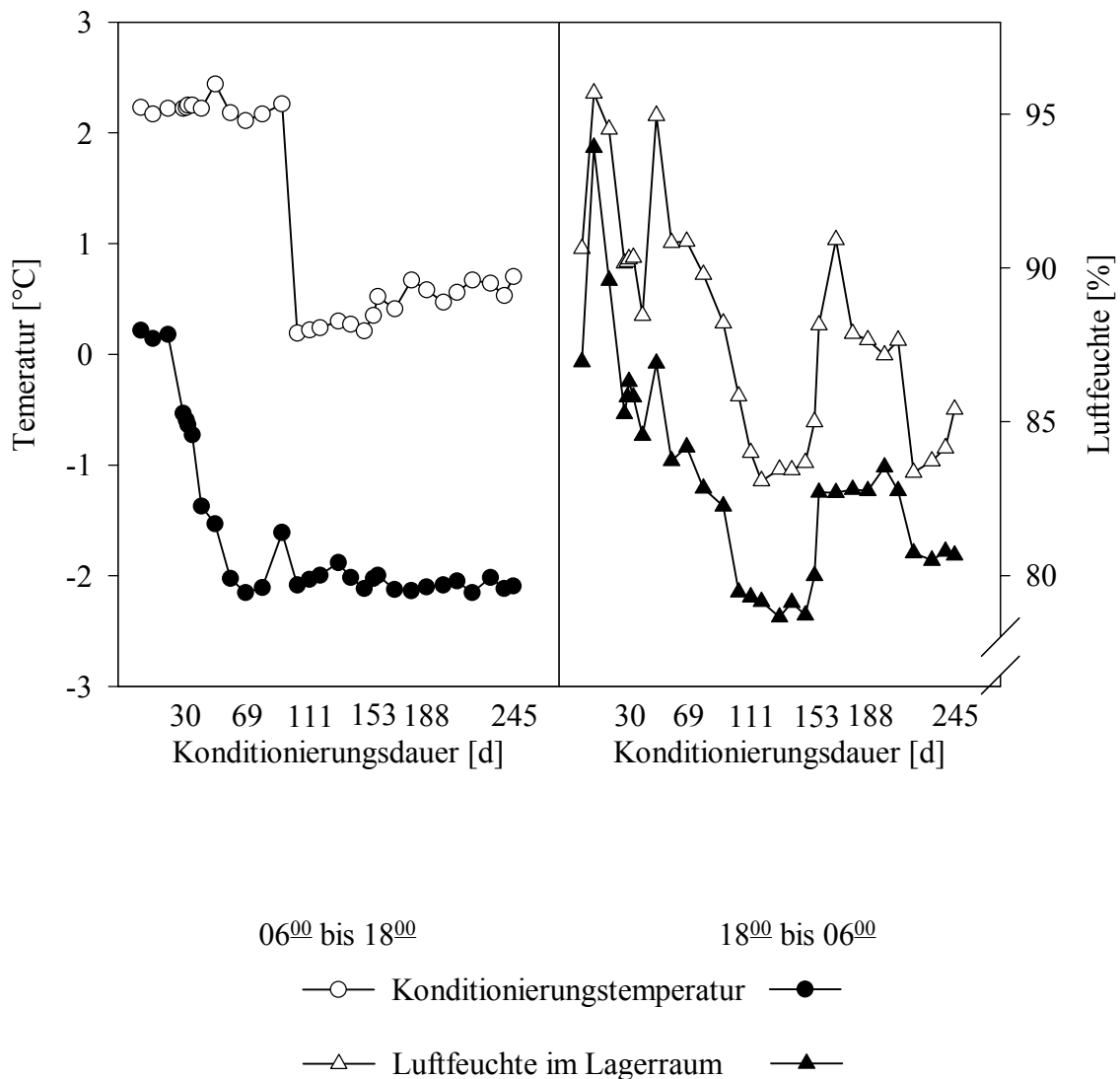


Abb. 6: Tages- und Nachtmittelwerte der im Konditionierungslager herrschenden Temperatur und Luftfeuchtigkeit während der Konditionierung von *Quercus robur* 'Quickborn' unter den Bedingungen der KONDS<sub>sw</sub>, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 47, 140

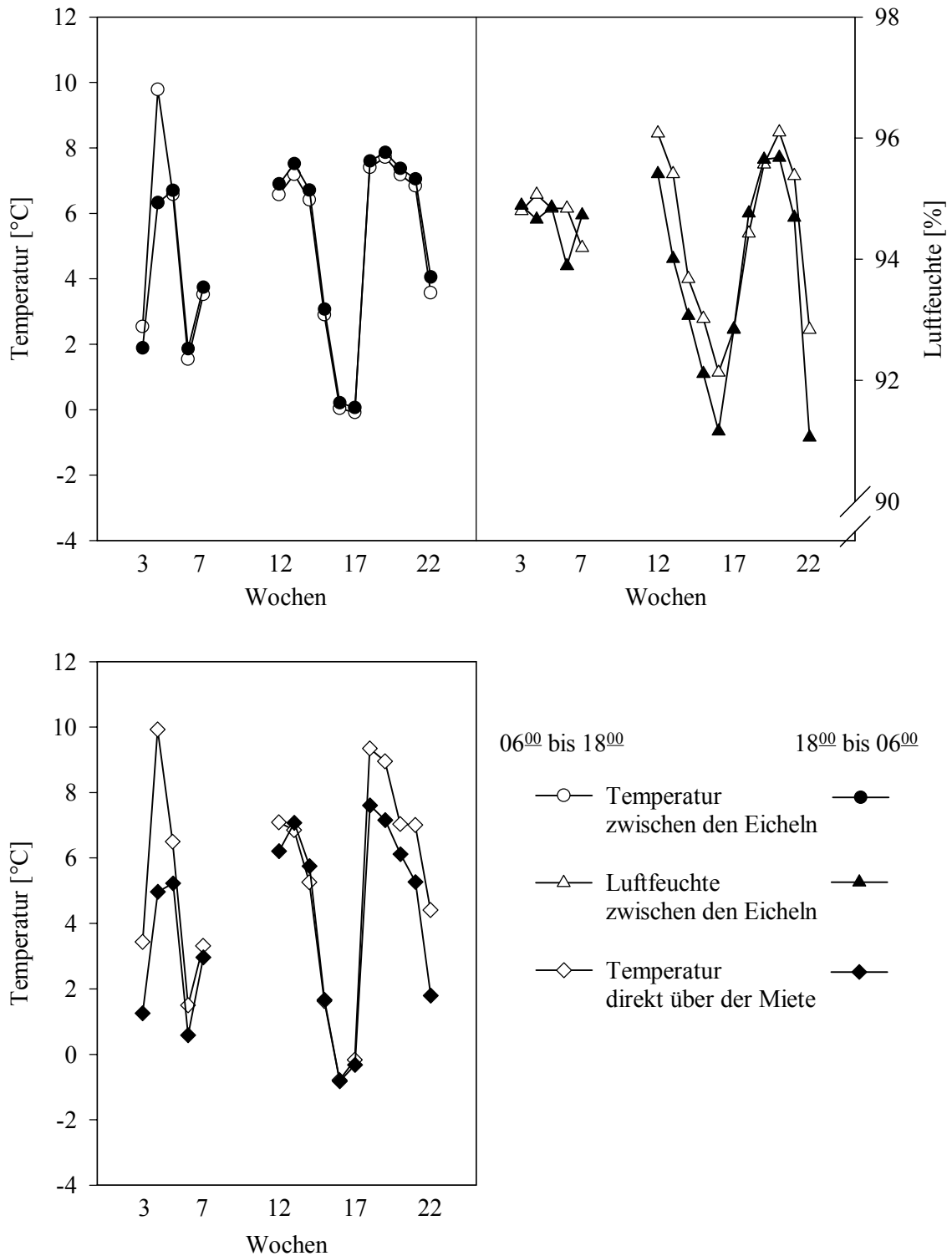


Abb. 7: Wochenmittel der Tages- und Nachttemperatur im Lagergut einer Freilandmiete, der Temperatur direkt über der Laubabdeckung sowie der jeweils herrschenden Luftfeuchtigkeit im Lagerbestand während der Konditionierung, *Quercus robur* 'Quickborn', 1997 / 1998.

Zurück zu S. 47, 63

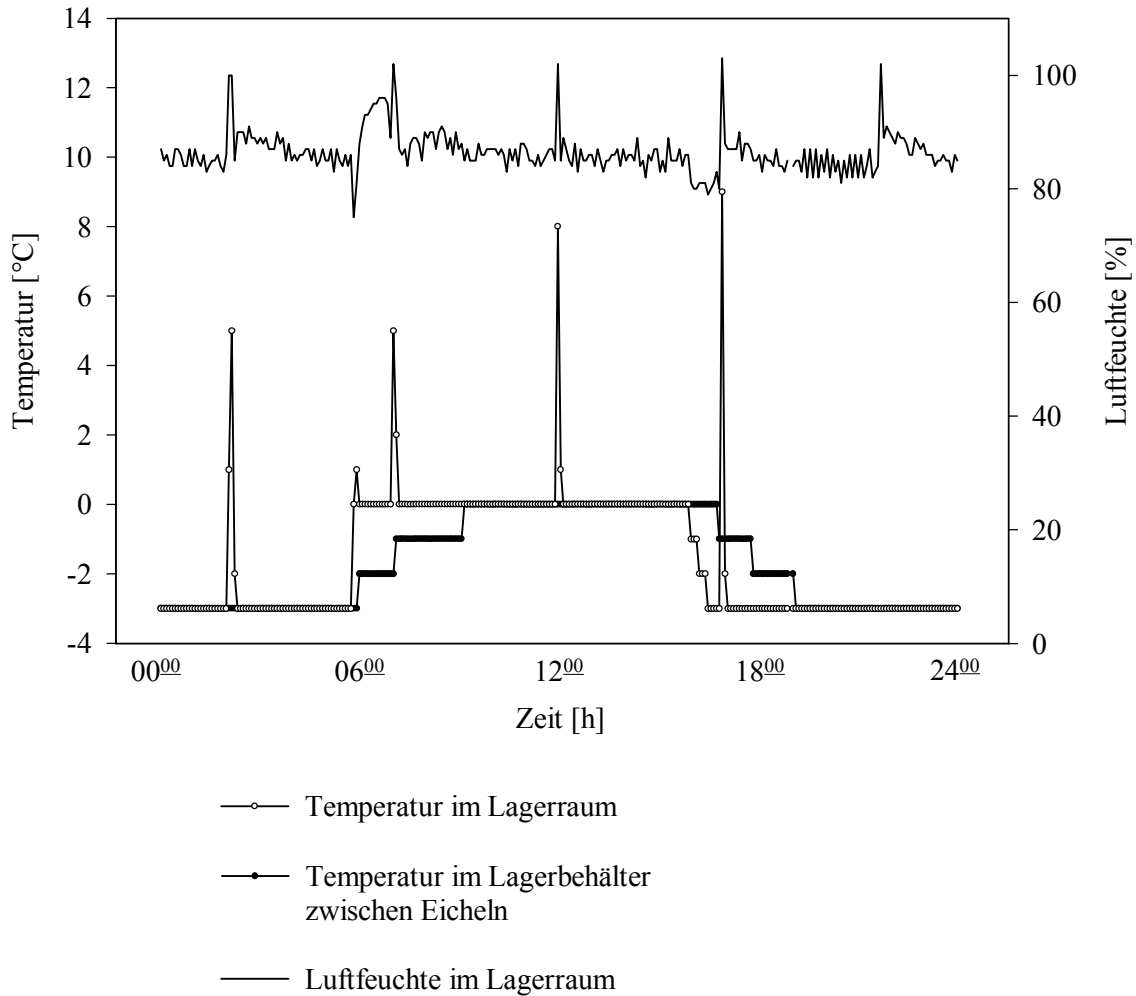


Abb. 8: Beispiel für ein Tagesprofil des Klimaverlaufes während der KONDS<sub>SW</sub> bei 0°C / -3°C im 12h Tag / Nacht-Wechsel, *Quercus robur* 'Quickborn', 01.02.1998.  
Zurück zu S. 47, 138

### 2.3. Frosthärtetests

Das Konditionierungsergebnis wurde durch Frosthärte tests in RUMED-Kühlbrutschränken überprüft. Dazu wurde das in Polyethylenbeuteln eingeschweißte Saatgut der jeweiligen Stichproben für die Dauer von 21 Tagen bei -4°C, -6°C und -8°C eingefroren. Zusammen mit der Saatgutentnahme für einen Frosthärte test wurde Saatgut aus dem Konditionierungslager entnommen, um mit einer Konditionierungskontrolle den Zustand des nicht durch Dauerfrost belasteten Ausgangsmaterials zu charakterisieren. Da das Konditionierungsklima das Verhalten der Eicheln beeinflusst, sind die Konditionierungskontrollen der jeweiligen Lager im Vergleich zueinander als Be-

handlungen aufzufassen. Eine echte Nullkontrolle wäre am Ort des Fruchtfalls belassenes Saatgut ohne jegliche beeinflussende weitere Behandlung.

#### **2.4. Einfluss des Korngewichtes auf die Saatgutvitalität im Verlauf der Konditionierung**

Es sollte geprüft werden, in wie weit das Korngewicht mit der Entwicklung der Vitalität der Eicheln im Konditionierungslager und ihrer Abhärtungsfähigkeit zusammenhängt. Dazu wurden im Versuchsjahr 1997 / 1998 Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' der Gewichtsklassen I bis IV aus der KONDS<sub>SW</sub> in vier Wiederholungen zu je 25 Korn an sechs Prüfterminen (parallel zur Probenahme von nicht frostgestresstem Material aus dem Konditionierungslager) einem -6°C Frosthärtetest unterworfen.

Alle weiteren Versuchsbedingungen entsprechen denen, welche für die Konditionierungsversuche des Versuchsjahres 1997 / 1998 beschrieben sind.

#### **2.5. Einzelkornuntersuchung**

Einzelkornuntersuchungen wurden im Versuchsjahr 1997 / 1998 an konditioniertem Material aus der KONDS<sub>WT</sub> durchgeführt. Der methodische Unterschied zu den anderen Untersuchungen bestand darin, dass hier versucht werden sollte, aus einzelnen Eicheln Aufschluss über ihre tatsächliche Vitalität und gleichzeitig über ihren Wassergehaltsstatus am Beginn des Keimtest direkt nach der Konditionierung bzw. nach Frosthärtetests zu bekommen. Durch den direkten Bezug des im Keimtest vorgefundenen Vitalitätszustandes (gekeimt oder nicht) zu den aus der jeweiligen Eichel gewonnenen Wassergehaltsdaten sollten die am Schnitttestmaterial gewonnenen, auf einer Vitalitätsschätzung beruhenden Aussagen überprüft und ergänzt werden.

Dieses arbeitsaufwendige Verfahren wurde an geschälten, aus biotisch-phytopathologischer Sicht gesunden Eicheln definierter Mutterbäume durchgeführt.

Da in Vorversuchen die Vermutung bestätigt wurde, dass Eicheln auch dann noch keimen können, wenn sie um den Embryo herum nur noch ca. ¼ ihrer Kotyledonen tragen, wurden geschälte Eicheln quer zur Längsachse halbiert und das den Embryo tragende Ende einem Keimtest und das Basisende zur Wassergehaltsbestimmung herangezogen.

Der Keimtest erfolgte unter Fog. Als Aussaatbehälter dienten in Multiplatten eingestellte, am Boden aufgebohrte schwarze Dosen (Ø 30mm; Höhe 50 mm).

## 2.6. Keimtests

Die Saatgutstichproben aus den Konditionierungslägern, bzw. die nach den Frosthärte-tests und aus der längerfristigen Lagerung erhaltenen Stichproben wurden zur Beurteilung der Saatgutvitalität zu gleichen Teilen dem Keimtest im Gewächshaus und einem Schnitttest zugeführt.

Der Keimtest im Gewächshaus sollte unter möglichst optimalen Keimbedingungen die tatsächliche Vitalität des Saatguts dokumentieren, bonitiert als Anzahl gekeimter Sprossachsen und angegeben als Keimprozent (K%). Ziel war es, hierdurch eine ergänzende Reverenz zu den im Schnitttest erhobenen Bonituren der geschätzten potentiellen Saatgutvitalität zu erhalten.

Als günstigstes Aussaatverfahren erwies sich die Aussaat der geschälten Früchte in Styroporkisten auf gebranntem Tongranulat unter Fog aus 60 µm Düsenöffnungen, welcher in 60 sec.-Intervallen für 10 sec. über den Aussaaten niederging bzw. unter Sprühregen, dessen Sprühintervalle durch einen Feuchtesensor gesteuert wurden. Das auf dem Tongranulat ausgelegte Saatgut wurde nicht weiter abgedeckt. Mit dieser Methode konnte eine dauerhafte Befeuchtung der Aussaaten gewährleistet werden bei gleichzeitigem Schutz der Eicheln vor Überhitzung in den Sommermonaten. Durch das große Porenvolumen des Tongranulates und den Wasserabzugslöchern in den Aussaatbehältern wurde trotz der intensiven Wasserzufuhr das Auftreten von Staunässe verhindert.

Alle anderen Aussaatverfahren (Aussaat mit oder ohne Pericarp in Torf-Sand nach GUTHKE (1992), Aussaat ungeschälter Eicheln unter Fog) waren weniger erfolgreich und somit nicht optimal für die Beurteilung der tatsächlichen Vitalität nach der Konditionierungslagerung bzw. nach Einwirken einer Froststressbelastung.

Während der Wintermonate lag die Gewächshaustemperatur zwischen 15°C und 20°C, während der Frühjahrs- und Sommermonate betrug die Temperatur im Gewächshaus am Tag häufig mehr als 30°C.

Die Keimtests wurden 7 - 13 Wochen beobachtet, wobei sich die Aussaat geschälter Eicheln auf Tongranulat unter Fog als schnellste Methode zum Erreichen einer vollständigen Keimung (Keimung von Spross und Wurzel) aller keimfähigen Eicheln der jeweiligen Stichprobe herausstellte.

Einmal wöchentlich wurde die Keimung der Sprossachsen bonitiert. Um das Ergebnis nicht zu verzerren, wurden bei der Bonitur die auftretenden Keimlinge polyembryonaler Eicheln als eine gekeimte Eichel behandelt.

## 2.7. Schnitttest

Der Schnitttest diente der visuellen Bonitur des Kotyledonen- und Embryozustandes an im Verlauf der Längsachse halbierten Früchten. Die dabei anfallenden halbierten, nach makroskopisch-visuellen Kriterien als „potentiell vital“, „erfroren“ oder „vertrocknet“ bonitierten Eicheln wurden für die weitere Laboranalytik aufbereitet. Durch die Laboranalytik sollten stoffwechselphysiologische Charakteristika der jeweiligen Eicheln ermittelt werden. Die Anzahl und das Gewicht der als „tot durch biotische Schadfaktoren“ bonitierten Früchte wurden erfasst, eine weitere laboranalytische Untersuchung dieses Schnitttestmaterials wurde jedoch nicht vorgenommen, da im Vordergrund der Untersuchungen die physiologischen Unterschiede zwischen den keimfähigen, potentiell vitalen und den, aus biotisch-phytopathologischer Sicht zwar keimfähigen, letztlich jedoch erfrorenen oder vertrockneten Eicheln standen. Die Boniturkriterien für den Schnitttest sind in Tab. 4, S. 55 aufgeführt.



Abb. 9: Frostschäden bei *Quercus robur*

Zurück zu S. 155

Tab. 4: Boniturkriterien für den Schnitttest

Zurück zu S. 54, 101

Boniturklasse	Charakterisierende Merkmale
<b>1: potentiell keimfähig,</b> biotisch-phytopathologisch gesund, nicht erfroren oder vertrocknet	Embryo weiß, nicht verfärbt, mindestens ein Drittel der Kotyledonen- substanz um den Embryo ist frei von Läsio- nen, kein Zellsaftaustritt bei leichtem Druck auf die Kotyledonen
<b>2: biotisch-phytopathologisch gesund,</b> erfroren bzw. frostgeschädigt, vermutlich nicht mehr keimfähig	wie 1., aber Zellsaftaustritt aus den geschädigten Zel- len schon bei leichtem Druck auf die Koty- ledonen, dunkel hervorgehobene Frostringe im Tangentialschnitt, glasige Embryoachsen, bei starker Schädigung gleichmäßiges Ver- bräunen der Kotyledonen, wobei die Frost- ringe erkennbar bleiben
<b>3: biotisch-phytopathologisch gesund,</b> durch Frosttrocknung geschädigt, vermutlich nicht mehr keimfähig	starke Schrumpfung der Kotyledonen, Ablösen der Kotyledonen vom Pericarp, Hohlrumbildung zwischen den Kotyledo- nen durch Schrumpfung, zunächst gummiartige Konsistenz, später starke Verhärtung der Kotyledonen, kein Zellsaftaustritt beim Schnitt, aber Frostringbildung bis hin zum völligen Verbräunen der verhärteten Kotyledonen, Schrumpfung des Embryos, tritt meist spä- ter auf als bei den Kotyledonen
<b>4: biotisch-phytopathologisch            geschädigt</b> Pilz- und Schädlingsbefall (soweit makroskopisch erkennbar)	Kotyledonen von Fraßgängen durchzogen, Läsionen an den Kotyledonen, vielfach als kreisförmige Flecken auftretend, betreffen mehr als zwei Drittel der Kotyledonen, schwarzbraune Verfärbung des Embryo durch Pilz-/Bakterienbefall, vertrockneter bzw. durch Schädlingsaktivi- tät in Mitleidenschaft gezogener Embryo

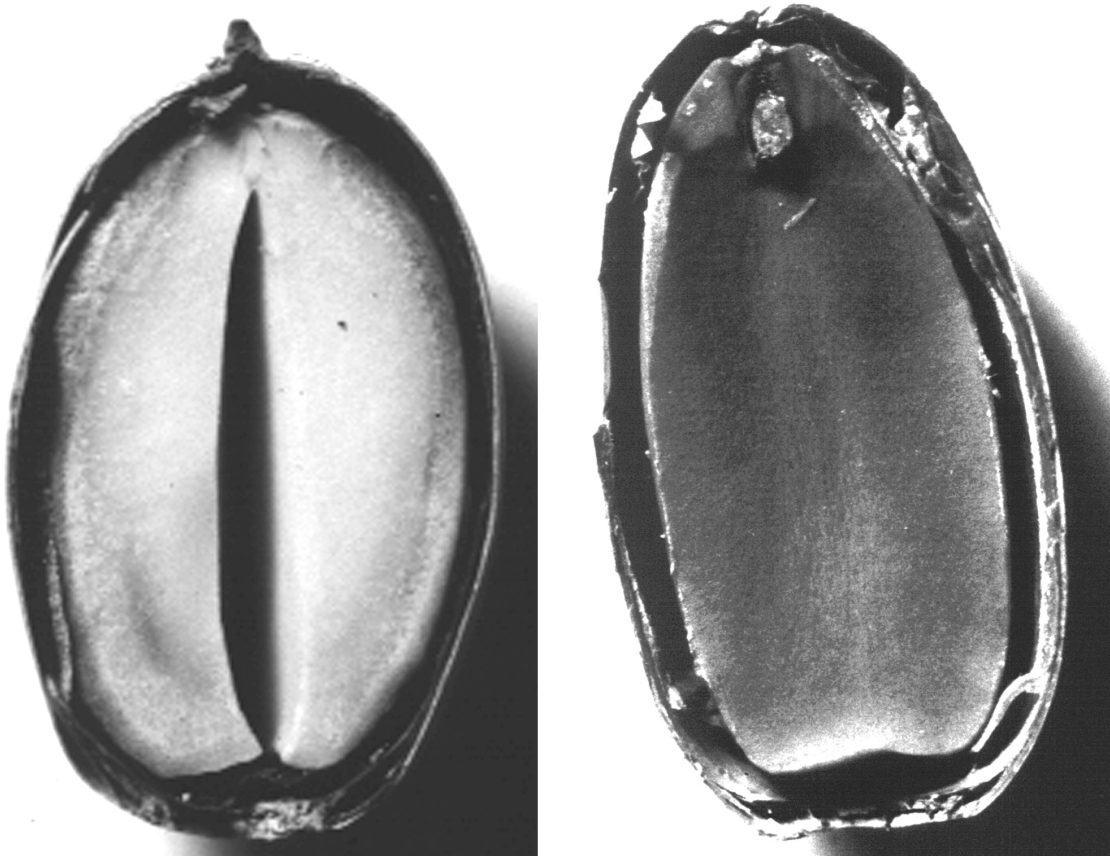


Abb. 10: Trocknungsschäden bei *Quercus robur*  
Zurück zu S. 155,



Abb. 11: Fraßschäden bei *Quercus robur*



## 2.8. Laboranalytik

Zur Charakterisierung der als potentiell vital, erfroren und vertrocknet bonitierten Eicheln wurden vor dem Hintergrund des rekalkitranen Charakters der Eicheln und der Bedeutung einiger Zucker als Gefrierschutz und Schutz vor Trocknungsschäden (z.B. KOSTER und LEOPOLD 1988, KOSTER 1991) Mischproben der einzelnen Größenklassen der jeweiligen Prüftermine aus dem Konditionierungslager und im Anschluss an Frosthärte-tests auf ihren Wasser- und Kohlenhydratgehalt untersucht.

### 2.8.1. Probenaufbereitung

Die im Schnitttest angefallenen Eichelfragmente und die im Rahmen von Einzelkornuntersuchungen zurückgelegten Basisenden von Eicheln, wurden zunächst bei  $-18^{\circ}\text{C}$  tiefgefroren, um weitere Stoffwechselprozesse durch die Zerstörung der Protoplasten zu verhindern. Anschließend wurde jeweils von den halbierten Eicheln der gesamten Stichprobe das Perikarp und die Testa entfernt und die Kotyledonen inklusive der Embryoachse gewogen.

Da die Embryoachse mit ihren Spross- und Wurzelanlagen lediglich einen Bruchteil des gesamten Eichelembryos (Kotyledonen + Embryoachse) darstellt, wurde sie um den Arbeitsaufwand zu minimieren nicht von den Kotyledonen getrennt und separat untersucht, so dass die vorliegenden Analysedaten sich immer auf den gesamten Embryo beziehen.

In einer Kaffeemühle wurden die Embryonen gemahlen, anschließend wieder gewogen und bei  $70^{\circ}\text{C}$  in HERAEUS-Trockenkammern bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Die Embryonentrockensubstanz wurde erneut gewogen, die Berechnung des Wassergehaltes in der Embryonenfrischsubstanz erfolgte dann nach der Formel

$$H_2O[\%_{EFS}] = \frac{EFS[g] - ETS[g]}{EFS[g]} * 100$$

wobei

$H_2O[\%_{EFS}]$	der Wassergehalt in Prozent der EFS,
EFS	die Embryonenfrischsubstanz,
ETS	die Embryonentrockensubstanz.

Das gemahlene und getrocknete Probenmaterial wurde noch einmal in einer Kaffeemühle feingemahlen und anschließend luftdicht verpackt bei  $-18^{\circ}\text{C}$  bis zur weiteren Analyse gelagert.

### **2.8.2. Analysen**

Die aufbereiteten und bei  $-18^{\circ}\text{C}$  gelagerten Proben wurden vor jeder Analyse noch einmal bei  $70^{\circ}\text{C}$  nachgetrocknet.

#### **2.8.2.1. Stärke**

Die Extraktion der Stärke erfolgte unter Verwendung von Natronlauge (DEKKER und RICHARDS 1971, SPELLERBERG 1983, BEHRENS 1984).

Extraktionsverfahren:

Einwaage von 200 mg Probe in 100 ml Erlenmeyerkolben,  
Zugabe von 20 ml 0,5 n NaOH und 5 ml 8 n HCl,  
30 min. im Wasserbad bei  $60^{\circ}\text{C}$  schütteln,  
auf ca. 90 ml auffüllen und mit NaOH pH 4.5 voreinstellen,  
in 100 ml Enghalskolben überführen und auf 100 ml auffüllen,  
Extrakt in Bechergläser filtrieren und mit NaOH auf pH 4.5 einstellen.

Die Bestimmung des Stärkegehaltes aus dem Filtrat erfolgte enzymatisch nach BOEHRINGER (1984; 1995). Da bei der Stärkeextraktion die Glucose nicht vorher entfernt wurde, waren die Stärkegehalte noch um den zu bestimmenden Glucosegehalt zu reduzieren.

#### **2.8.2.2. Zucker**

Um nur die im Zellsaft zur Verfügung stehenden Zucker zu erfassen, erfolgte die Extraktion der Mono- und Disaccharide allein mit Wasser. Die Proben wurden bei  $60^{\circ}\text{C}$  im Wasserbad geschüttelt (CLAUSEN 1975) und dann filtriert.

Extraktionsgang:

Einwaage von 0,5 g Probe in 100 ml Erlenmeyerkolben,  
 Zugabe von 20 ml H<sub>2</sub>O demin.,  
 120 min. bei 60°C im Wasserbad schütteln,  
 auf ca. 90 ml auffüllen und pH 4.5 voreinstellen  
 in 100 ml Enghalskolben überführen und auf 100 ml auffüllen,  
 in Bechergläser filtrieren,  
 auf pH 4.5 einstellen.

Aus dem Filtrat wurden nacheinander Glucose, Fructose und Saccharose enzymatisch nach BOEHRINGER (1984; 1995) bestimmt und die Zuckerkonzentration im Zellsaft ( $C_{\text{Zucker}}$  [mmol / mol H<sub>2</sub>O]) nach der Formel

$$C_{\text{Zucker}}[\text{mmol} / \text{molH}_2\text{O}] = \frac{\text{Zucker}[\text{mg} / \text{g}_{\text{ETS}}] * \text{ETS}[\text{g}] * \text{MG}_{\text{Zucker}}^{-1}}{\text{H}_2\text{O}[\text{mg} / \text{g}_{\text{EFS}}] * \text{EFS}[\text{g}] * \text{MG}_{\text{H}_2\text{O}}^{-1}} * 1000$$

berechnet, wobei

Zucker [mg / g<sub>ETS</sub>] der enzymatisch bestimmte Zuckergehalt in der Embryontrockensubstanz,

ETS [g] die Embryontrockensubstanz der Gesamtprobe,

H<sub>2</sub>O [mg / g<sub>EFS</sub>] der Wassergehalt der Embryonenfrischsubstanz,

EFS [g] die Embryonenfrischsubstanz der Gesamtprobe,

MG das Molekulargewicht der in Beziehung gesetzten Substanzen,

Wasser 17,01

Glucose 180,16

Fructose 180,16

Saccharose 342,30 .

## 2.9. Versuchsauswertung

Im Rahmen der Versuchsauswertung wurde jede der bei der Saatgutaufbereitung gebildeten Gewichtsklassen als eine Wiederholung aufgefasst, so dass in dem aus vier Wiederholungen gebildeten Mittelwert eines Untersuchungstermins einer Versuchsvariante

alle vier Gewichtsklassen und damit eine vom Parameter Saatgutgewicht ausgehende Variabilität des Saatgutes berücksichtigt werden konnte.

Die Stichprobengrößen von Keim- und Schnittpests sind in den Ergebnistabellen der folgenden Kapitel aufgeführt. Für die Dokumentation der Stichprobengrößen der durchgeführten Analysen wurden entsprechende Tabellen dem Anhang beigelegt.

Die Datenaufnahme und –verwaltung sowie die Tabellenpräsentation erfolgten mit dem Programm Microsoft EXCEL, die statistische Auswertung mit den Programmen Sigma Stat® Vers. 2.0 (Jandel Scientific Software) sowie SPSS für Windows Vers. 6.1.3 (SPSS Inc.®) und die graphische Darstellung der Ergebnisse mit dem Programm Sigma Plot 2000 Vers. 6.00 (SPSS Inc.®).

Die Datenauswertung erfolgte mit Mitteln der deskriptiven und analytischen Statistik. Für die Datendarstellung in Graphiken und Tabellen wurde das arithmetische Mittel  $\bar{x}$  als Lagemaß und die Standardabweichung  $s$  als Streuungsmaß herangezogen. Die verwendete Software berechnet dabei das arithmetische Mittel als

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

und die Standardabweichung als

$$s = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

In den Fällen, in denen in den aufgeführten Mittelwerttabellen keine Standardabweichungen angegeben sind, stellt der dargestellte Wert das Ergebnis nur einer Wiederholung dar (z.B. haben nach einer Behandlung nur Eicheln der Gewichtsklasse I im Schnittpest die Bonitur „potentiell vital“ erhalten, entsprechend liegt nur für diese ein Analysenwert vor) oder alle Wiederholungen brachten das gleiche Ergebnis (z.B. wurden im Schnittpest alle Eicheln aller Gewichtsklassen einer Behandlung als potentiell vital bonitiert).

Bei den erhobenen Daten aus Keim- und Schnitttests liegt die Basis der Beurteilung in den Boniturklassen „gekeimt“ oder „nicht gekeimt“ bzw. „potentiell vital“ oder „nicht vital“, so dass es sich nach KÖHLER et al. (1996) um nominalskalierte Daten diskreter Merkmale handelt, welche Zwischenkategorien nicht zulassen.

Die weitere statistische Beurteilung wurde im Programm SPSS für Windows mit der für nominalskalierte Daten anzuwendenden Prozedur des Chiquadrat-Test ( $\chi^2$ -Test) durchgeführt.

Dazu wurde zunächst unter Verwendung der Gesamtfallzahlen aller Wiederholungen einer Behandlung die Globalhypothese einer Fragestellung überprüft, z.B. „ $H_0$ : Es gibt Unterschiede in der Überlebensrate nach einer Frostbehandlung an aufeinander folgenden Prüfterminen im Versuchszeitraum, d.h. Abhärtung/Enthärtung findet im Laufe der Zeit statt“ gegen die Alternativhypothese „ $H_A$ : Es findet keine Abhärtung/Enthärtung statt“. Wurde die Nullhypothese mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p \leq 0,05$  bestätigt, wurden die Unterschiede zwischen den Ergebnissen einer Behandlung von aufeinander folgender Prüfterminen in paarweisen Vergleichen weiter mit dem  $\chi^2$ -Test geprüft (Termin1 vs. Termin2, Termin2 vs. Termin3 usw.), um zu untersuchen, zwischen welchen Terminen im Versuchszeitraum signifikante Veränderungen der Überlebensrate nach einer Frostbehandlung auftraten.

Die Aufarbeitung der Daten erfolgte dafür in einer 2 x 2 Kontingenztafel (Vierfeldertafel) nach dem Muster

Termin	Keimung		Spaltensumme
	ja	nein	
Termin 1	a	b	a + b = n1
Termin 2	c	d	c + d = n2
Zeilensumme	a + c = n3	b + d = n4	n

und die Berechnung der Prüfgröße mit der Formel

$$\chi^2 = \frac{(a * d - b * c)^2 * n}{(a + b) * (a + c) * (b + d) * (c + d)} \quad \text{FG} = 1$$

Die Nullhypothese wurde angenommen, wenn der berechnete  $\chi^2$ -Wert aus der  $\chi^2$ -Verteilung mit FG = 1 die Irrtumswahrscheinlichkeit  $p \leq 0,05$  nicht überschritt.

Die bei der Laboranalytik gewonnenen verhältnisskalierten Daten wurden zur statistischen Bewertung von Gemeinsamkeiten bzw. Unterschieden zwischen Behandlungen, Terminen oder Konditionierungsvarianten im Programm Sigma Stat® weiter untersucht, wobei das Programm für den Test auf Normalverteilung den KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test verwendet.

Waren die Bedingungen der Normalverteilung und der Homogenität der Varianzen erfüllt, wurden die Daten mit den Testroutinen von Sigma Stat® varianzanalytisch untersucht. In den häufig aufgetretenen Fällen der Nichterfüllung einer dieser Bedingungen wurde die KRUSKAL-WALLIS ANOVA nach Rängen durchgeführt.

Die anschließenden Mittelwertvergleiche erfolgten mit dem TUKEY-Test und bei ungleich großen Stichproben mit dem DUNN`S-Test.

Beim Vergleich von nur zwei Mittelwerten wurde mit dem t-Test geprüft, bzw. in Fällen in denen die Bedingung der Normalverteilung und/oder der Homogenität der Varianzen nicht erfüllt wurde mit dem MANN-WHITNEY Rangsummen-Test.

Zur Bewertung der quantitativen Abhängigkeit einzelner Parameter voneinander sowie zur Beurteilung der Stärke des Zusammenhanges von zwei Merkmalen wurden die in der Testroutine von Sigma Stat® enthaltenen Regressions- und Korrelationsanalysen (SPEARMAN`SCHE Rangkorrelationskoeffizient  $r$ ) angewandt.

Die Tabellen im Anhang zeigen die statistisch ausgewerteten Messergebnisse, die den Text begleitenden Graphiken zeigen Mittelwerte und Standardabweichungen.

Bei der Interpretation der Graphiken, welche eine Entwicklung über die Konditionierungsdauer zeigen, ist zu berücksichtigen, dass die Mittelwerte der Eicheln aus den 21 tägigen Frosthärtetests auf den Termin der Probenahme der Konditionierungskontrollen aufgetragen wurden. Dies ist der Termin, an welchem die Eicheln der FHTs aus der Konditionierungslagerung in den Frosthärtetest überführt wurden, um zu ermitteln, welche Auswirkungen die vorangegangene Konditionierungslagerung auf die Ausbildung der Fosthärte sowie Veränderungen der Wasser- und Kohlenhydratgehalte hatte.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Einfluss der Konditionierungsmethodik auf die Entwicklung der Vitalität sowie Induzierbarkeit und Persistenz von Frosthärte bei gelagerten Eicheln

##### 3.1.1. Eicheln aus Freilandlagerung

Die Ergebnisse des Versuchsjahres 1997/1998 zeigen, dass sich der von GUTHKE (1992) beschriebene Zyklus der Frosthärteentwicklung unter den Bedingungen der KONDFL während des Aufenthaltes des Saatgutes im Freiland mit den untersuchten Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' prinzipiell reproduzieren lässt. Dabei lässt sich das Lagerklima in der Freilandmiete als vergleichsweise „humid“ und mit Temperaturen kaum unter 0°C als „warm“ charakterisieren (Abb. 7, S. 50). Nach Überführung des Saatgutes in eine Klimakammer unter die „arideren“ und kälteren Klimabedingungen der KONDSW nahm die Frosthärte der untersuchten Eicheln signifikant zu.

Am ersten Prüftermin nach 30 Tagen Konditionierungsdauer (13.11.97) unterschieden sich die Keimtestergebnisse aller FHT-Behandlungen an Eicheln aus dem Freilandlager signifikant voneinander und von der nicht im Dauerfrost gestressten Konditionierungskontrolle. Mit zunehmend stärkerem Frost im FHT gegenüber der Kontrolle sank die Anzahl gekeimter Sprossachsen (Abb. 12, S. 64; Tab. 5, S. 65).

In den 39 Tagen Konditionierungsdauer vom 13.11. bis 22.12.97 nahm die Vitalität des Saatgutes der Konditionierungskontrolle signifikant ab. Die Keimergebnisse der Eicheln aus der Konditionierungskontrolle und dem -4°C FHT zeigten während dieser Zeit eine sehr ähnliche Entwicklung. Hier war das Keimergebnis der Eicheln der -4°C FHT-Behandlung nicht signifikant von dem der Konditionierungskontrolle zu unterscheiden, während sich die Keimergebnisse der Eicheln der -6°C und -8°C FHTs nach 69 Tagen Konditionierungsdauer signifikant voneinander und gegenüber dem ersten Prüftermin unterscheiden ließen (Abb. 12, S. 64; Tab. 5, S. 65).

Im Verlauf der weiteren 84 tägigen Konditionierungslagerung unter Freilandbedingungen und der direkt daran anschließenden 92 tägigen Weiterführung der Konditionierung unter Klimabedingungen der KONDSW (Tab. 3, S. 48) stellte sich heraus, dass das Saat-

gut der Konditionierungskontrolle ab dem zweiten Prüftermin bis zum Versuchsende am 16.06.98 mit Keimergebnissen zwischen 77% und 89% in den Keimtests keine signifikanten Vitalitätseinbußen zeigte. Während dieser Zeit waren die Keimergebnisse der Konditionierungskontrolle statistisch nicht von den Keimergebnissen der Eicheln aus den  $-4^{\circ}\text{C}$  Frosthärtetests zu unterscheiden, welche im Bereich zwischen 67% und 80% gekeimter Sprossachsen lagen (Abb. 12, S. 64; Tab. 5, S. 65).

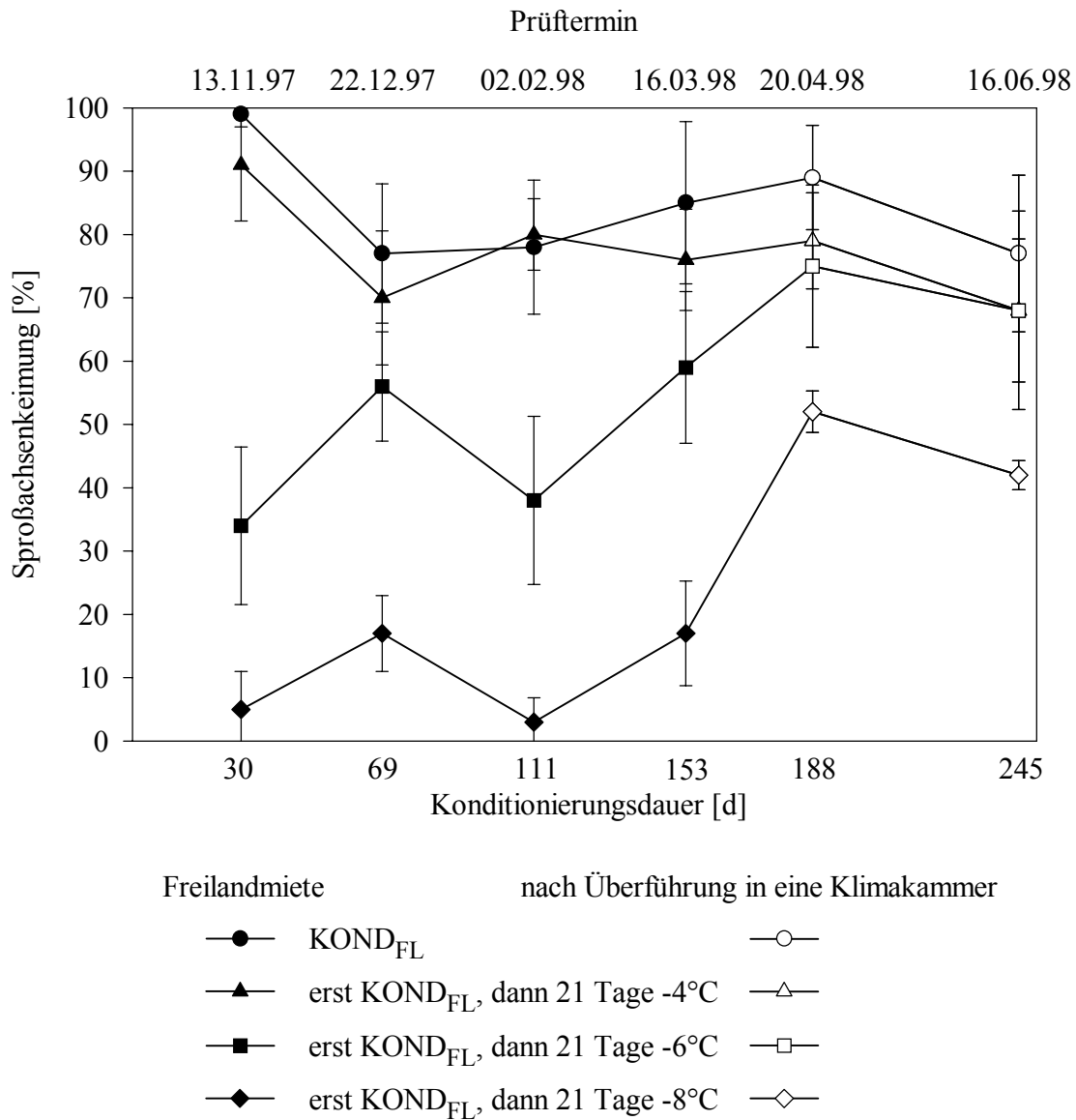


Abb. 12: **Sprossachsenkeimung** bei Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' nach Konditionierung in einer Freilandmiete sowie Überführung in eine Klimakammer (KOND<sub>FL</sub>) und den anschließenden Frosthärtetests. Die Überführung in die Klimakammer erfolgte am 16.03.1998 nach 153 Tagen Konditionierungsdauer, 1997 / 1998.



Tab. 5: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede der **Sprossachsenkeimung** bei Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>FL</sub>** vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998.

Zurück zu S. 63 oben, 63 unten, 64, 65, 66,

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
		<b>Freilandmiete [d]</b>				<b>Klimakammer [d]</b>	
		30	69	111	153	35	92
<b>Keimung [%]</b>	KOND	99 ± 2	77 ± 11	78 ± 11	85 ± 13	89 ± 8	77 ± 12
	-4°C	91 ± 9	70 ± 11	80 ± 6	76 ± 8	79 ± 8	68 ± 16
	-6°C	34 ± 12	56 ± 9	38 ± 13	59 ± 12	75 ± 13	68 ± 11
	-8°C	5 ± 6	17 ± 6	3 ± 4	17 ± 8	52 ± 3	42 ± 2
<b>Behandlung</b>	KOND	D	C	C	C	C	B
	-4°C	C	BC	C	C	BC	B
	-6°C	B	B	B	B	B	B
	-8°C	A	A	A	A	A	A
<b>Zeit</b>	KOND	A	B	B	B	B	B
	-4°C	A	B	B	B	B	B
	-6°C	A	B	C	D	E	E
	-8°C	A	B	C	D	E	E

$\chi^2$ -Test, Fisher's Exact Test zweiseitig,  $p \leq 0,05$ ,  $n = 100$ ,  
arithmetisches Mittel der Sprossachsenkeimung (gerundet)  $\pm$  Standardabweichung,  
signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird,  
bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Die im Freiland konditionierten und bei -6°C bzw. -8°C auf ihre Frosthärte hin überprüften Eicheln wiesen eine deutliche, vom ersten bis fünften Prüftermin statistisch absicherbare Entwicklungsrhythmik ihrer Frosthärte auf. Besonders auffallend ist hier der Anstieg der Frosthärte nach der Überführung der Eicheln aus der Freilandmiete in die Klimakammer sowie der nahezu synchrone Kurvenverlauf der Entwicklung der Frosthärte (Abb. 12, S. 64; Tab. 5, S. 65).

Am fünften Prüftermin nach 188 Tagen Konditionierungsdauer (35 Tage Konditionierungsdauer unter vergleichsweise kalten und „ariden“ Klimabedingungen !) konnten an Eicheln aus dem -6°C FHT 75% und an Eicheln aus dem -8°C FHT 52% gekeimter Sprossachsen bonitiert werden.

Insgesamt erwiesen sich sowohl die Unterschiede innerhalb einer FHT-Behandlung über die Zeit als auch die Unterschiede zwischen den einzelnen Behandlungen am jeweiligen Prüftermin als signifikant.

Nach Überführung in das trotz Luftbefeuchtung „aridere“ Klima einer Klimakammer unter Tag / Nacht - Wechseltemperaturbedingungen zeigte sich, dass während dieser letzten 92 Tage des Konditionierungsversuches keine weiteren statistisch nachweisbaren Veränderungen des allgemeinen Vitalitätsstatus (Konditionierungskontrolle) und der Frosthärte auftraten. Mit 68% gekeimter Sprossachsen waren die Keimergebnisse nach einer  $-4^{\circ}\text{C}$  und  $-6^{\circ}\text{C}$  FHT-Behandlung am letzten Prüftermin statistisch nicht von den Keimergebnissen zu unterscheiden, welche an allein der Konditionierungsbehandlung unterworfenen Eicheln gewonnen wurden (77% gekeimte Sprossachsen; Abb. 12, S. 64; Tab. 5, S. 65).

### **3.1.2. Eicheln aus Konditionierung in einer Klimakammer mit Tag / Nacht - Wechseltemperaturbedingungen**

Bei Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Klimakammerversuchen mit künstlicher Tag / Nacht - Wechseltemperatur (vergleichsweise kaltes und „arides“ Klima durch Luftzirkulation im Lagerraum, trotz zusätzlicher Luftbefeuchtung (KOND<sub>SW</sub>) (Abb. 5, S. 46) führte die Konditionierungslagerung schneller auf ein hohes Frosthärteniveau als bei Eicheln gleicher Art und Herkunft aus dem klimatisch wärmeren und „humiden“ Freilandlager.

Der erzielten Frosthärte mit hoher Keimfähigkeit der Sprossachsen auch nach längerer Exposition gegen tiefe Temperaturen ( $-8^{\circ}\text{C}$ ) folgte unter den Bedingungen der KOND<sub>SW</sub> jedoch ein schnell fortschreitender, von den Temperaturen der FHTs unabhängiger Verlust der Vitalität (Abb. 13, S. 67; Tab. 6, S. 68).

Die Eicheln aus der Konditionierungskontrolle sowie die Eicheln der  $-4^{\circ}\text{C}$  FHT-Behandlung zeigten während der ersten 153 Tage Konditionierungslagerung vom 13.11.97 bis zum 16.03.1998 weder Vitalitätsverluste über die Zeit noch ließen sich die Keimergebnisse der Konditionierungskontrolle und der  $-4^{\circ}\text{C}$  FHT-Behandlungen an den jeweiligen Prüfterminen statistisch voneinander unterscheiden. Die Keimergebnisse lagen während dieser Zeit zwischen 80% und 91% bzw. 83% und 90%.

Die Eicheln aus den  $-6^{\circ}\text{C}$  und  $-8^{\circ}\text{C}$  FHT-Behandlungen zeigten am ersten Prüftermin signifikant unterschiedliche Keimergebnisse zueinander und signifikant niedrigere Keimergebnisse als die Eicheln der Konditionierungskontrolle und der  $-4^{\circ}\text{C}$  FHT-Behandlung.

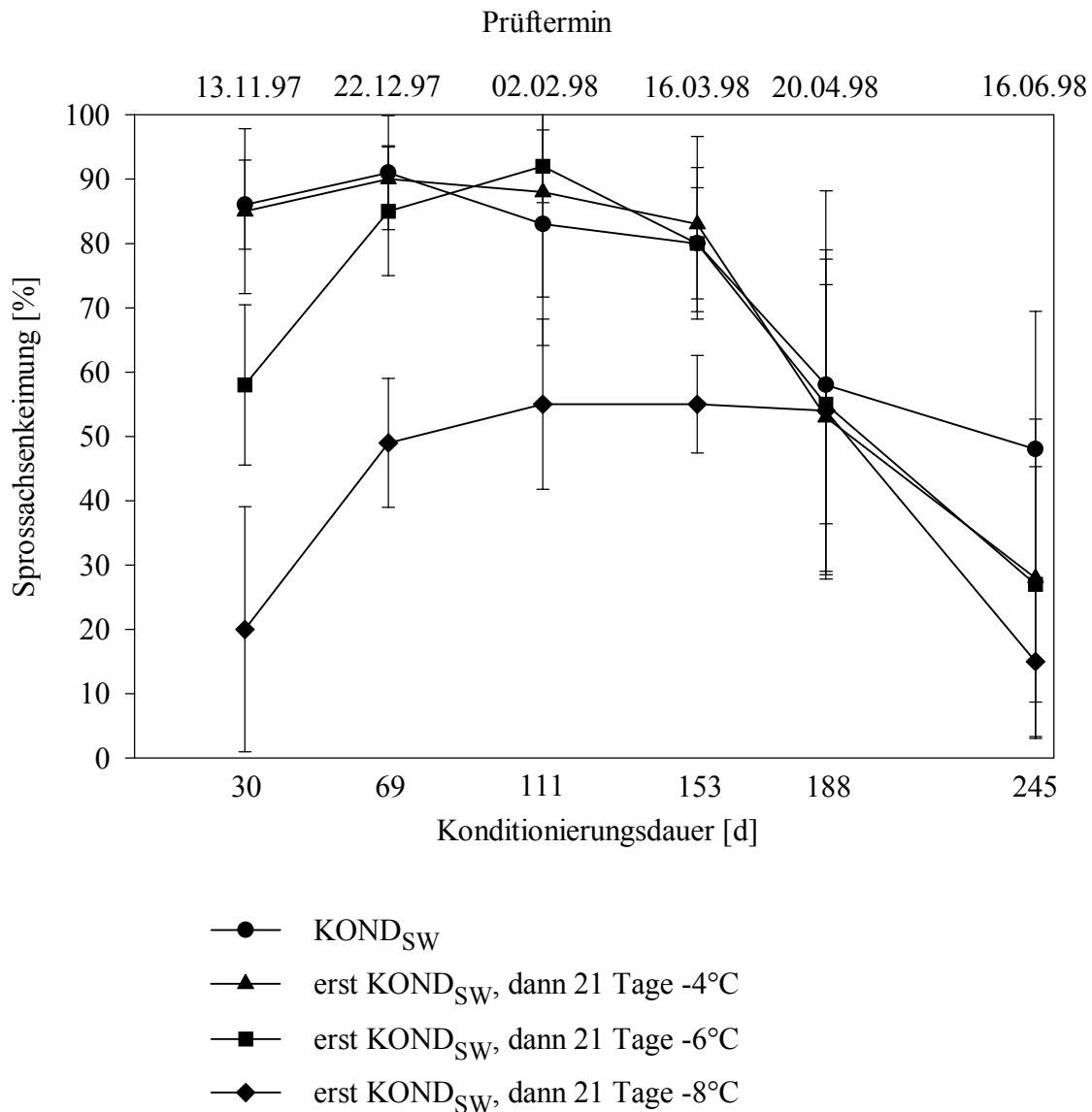


Abb. 13: **Sprossachsenkeimung** bei Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' nach Konditionierung in einer Klimakammer unter Tag / Nacht Wechseltemperaturbedingungen (KOND<sub>SW</sub>) und im Anschluss an die folgenden Frosthärtetests, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 66, 69, 83, 83, 143, 162, 170, 170

Vom ersten zum zweiten Prüftermin nach 69 Tagen Konditionierungsdauer konnte im Keimtest nach den  $-6^{\circ}\text{C}$  und  $-8^{\circ}\text{C}$  FHT-Behandlungen eine Steigerung der erlangten Frosthärte nachgewiesen werden. Das drückt sich bei den Eicheln aus der  $-6^{\circ}\text{C}$  FHT-Behandlung in einer statistisch abgesicherten Zunahme des Anteils gekeimter Sprossachsen von 58% auf 85% und bei Eicheln der  $-8^{\circ}\text{C}$  FHT-Behandlung von 20% auf 49% aus.

Tab. 6: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede der **Sprossachsenkeimung** bei Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SW</sub>** vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998.

Zurück zu S. 66, 69

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
<b>Keimung [%]</b>	KOND	86 ± 7	91 ± 9	83 ± 19	80 ± 12	58 ± 30	48 ± 21
	$-4^{\circ}\text{C}$	85 ± 13	90 ± 5	88 ± 16	83 ± 14	53 ± 25	28 ± 25
	$-6^{\circ}\text{C}$	58 ± 12	85 ± 10	92 ± 6	80 ± 9	55 ± 19	27 ± 18
	$-8^{\circ}\text{C}$	20 ± 19	49 ± 10	55 ± 13	55 ± 8	54 ± 25	15 ± 12
<b>Behandlung</b>	KOND	C	B	B	B	A	B
	$-4^{\circ}\text{C}$	C	B	B	B	A	B
	$-6^{\circ}\text{C}$	B	B	B	B	A	B
	$-8^{\circ}\text{C}$	A	A	A	A	A	A
<b>Zeit</b>	KOND	A	A	A	A	B	B
	$-4^{\circ}\text{C}$	A	A	A	A	B	B
	$-6^{\circ}\text{C}$	A	B	B	C	D	E
	$-8^{\circ}\text{C}$	A	B	B	B	B	C

$\chi^2$ -Test, Fisher's Exact Test zweiseitig,  $p \leq 0,05$ ,  $n = 100$  (FHTs 16.06.98  $n = 75$ ), arithmetisches Mittel der Sprossachsenkeimung (gerundet)  $\pm$  Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Während der weiteren 84 Tage Konditionierungslagerung bis zum vierten Prüftermin nach 153 Tagen Konditionierungsdauer waren die Keimergebnisse der Eicheln aus der  $-6^{\circ}\text{C}$  FHT-Behandlung statistisch nicht von den an der Konditionierungskontrolle bzw. an der  $-4^{\circ}\text{C}$  FHT-Behandlung gewonnen Werten zu unterscheiden.

Die im  $-8^{\circ}\text{C}$  FHT geprüften Eicheln behielten bis zum fünften Prüftermin am 20.04.98 nach 188 Tagen Konditionierungsdauer das bereits nach 69 Tagen erreichte Frosthärteniveau.

Im Gegensatz zu den in der Freilandmiete konditionierten Eicheln zeigten die Eicheln der Klimakammervariante jedoch während der letzten 92 Tage Konditionierungsdauer in der Zeit vom 16.03.98 bis zum 16.06.98 massive, signifikante Vitalitätsverluste. Diese ließen am fünften Prüftermin nach 188 Tagen Konditionierungsdauer eine statistische Unterscheidung der erzielten Keimergebnisse von 53% bis 58% aus den einzelnen Behandlungen nicht mehr zu.

Besonders auffallend ist, dass die Eicheln der  $-8^{\circ}\text{C}$  FHT-Behandlung in der Zeit vom dritten bis fünften Prüftermin keine Vitalitäts-/Frosthärteverluste aufwiesen. Diese betrafen allein die Eicheln der Konditionierungskontrolle und der  $-4^{\circ}\text{C}$  und  $-6^{\circ}\text{C}$  FHT-Behandlungen (Abb. 13, S. 67, Tab. 6, S. 68).

### **3.1.3. Eicheln aus Konditionierung bei im Tagesverlauf gleichbleibender Temperatur**

Während der ersten 69 Tage Konditionierungsdauer stellte sich bei den auch in diesem Versuch verwendeten Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' zunächst heraus, dass das Saatgut der Konditionierungskontrolle und der  $-4^{\circ}\text{C}$  FHT-Behandlung in der Zeit vom 13.11.97 bis zum 22.12.97 signifikant an Vitalität verlor. Gleichzeitig trat beim Saatgut der  $-6^{\circ}\text{C}$  und  $-8^{\circ}\text{C}$  FHT-Behandlung ein signifikanter Aufbau von Frosthärte gegen die im FHT angelegten Temperaturen auf (Abb. 14, S. 70; Abb. 15, S. 71).

Nach 69 Tagen Konditionierungsdauer waren so die am ersten Prüftermin nach 30 Tagen Konditionierungsdauer vorhandenen, signifikanten Unterschiede im Keimergebnis der Konditionierungskontrolle (95%) und der  $-4^{\circ}\text{C}$  FHT-Behandlung (89%) von den  $-6^{\circ}\text{C}$  und  $-8^{\circ}\text{C}$  FHT-Behandlungen (25% und 15%) nicht mehr vorzufinden (57%, 45%, 55% und 49%).

Da dieser, nach derartig kurzer Lagerdauer in keiner der anderen Konditionierungsvarianten aufgetretene Vitalitätsverlust auf eine schon äußerlich sichtbare Austrocknung der Eicheln zurück zu führen war, wurde das Saatgut dieser Konditionierungsvariante durch

Abschwemmen in zwei Varianten aufgeteilt. Diese wurden unter Folienhauben vor dem in der Klimakammer zirkulierenden Luftstrom geschützt weiter konditioniert. Formal entspricht dies einer Überführung der Eicheln von „ariden“ Klimabedingungen im kalten Luftstrom in „humide“ Bedingungen einer Mantelkühlung (Kap. 2.2, S. 45).

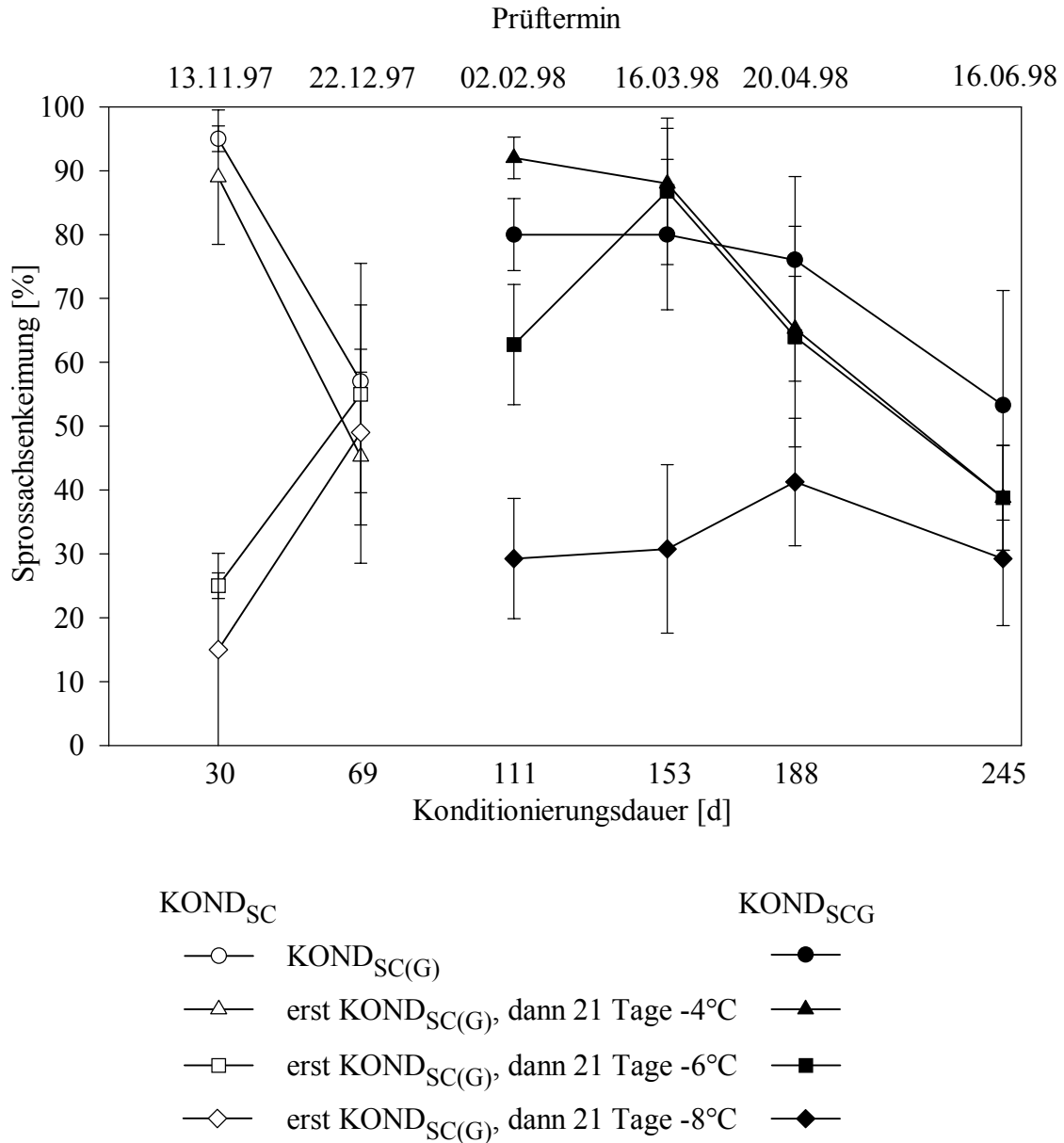


Abb. 14: **Sprossachsenkeimung** bei Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' als Maß für die Saatgutvitalität während der Konditionierungslagerung bei schrittweise gesenkter, im Tagesverlauf gleichbleibender Temperatur (KOND<sub>SC</sub>(G)) sowie nach den an die Konditionierungslagerung anschließenden Frosthärtetests, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 69, 70, 73, 83, 143

Die beim Abschwemmen der Ausgangsvariante  $KOND_{SC}$  auf den Behältergrund gesunkenen Eicheln ( $KOND_{SCG}$ , 24%<sub>GW</sub> der  $KOND_{SC}$ ; Abb. 14, S. 70) zeigten 42 Tage nach dem Abschwemmen am 02.02.98 in der Konditionierungskontrolle und nach der  $-4^{\circ}C$  FHT-Behandlung mit 80% und 92% gekeimter Sprossachsen das schon zu Versuchsbeginn vorgefundene hohe Vitalitätsniveau.

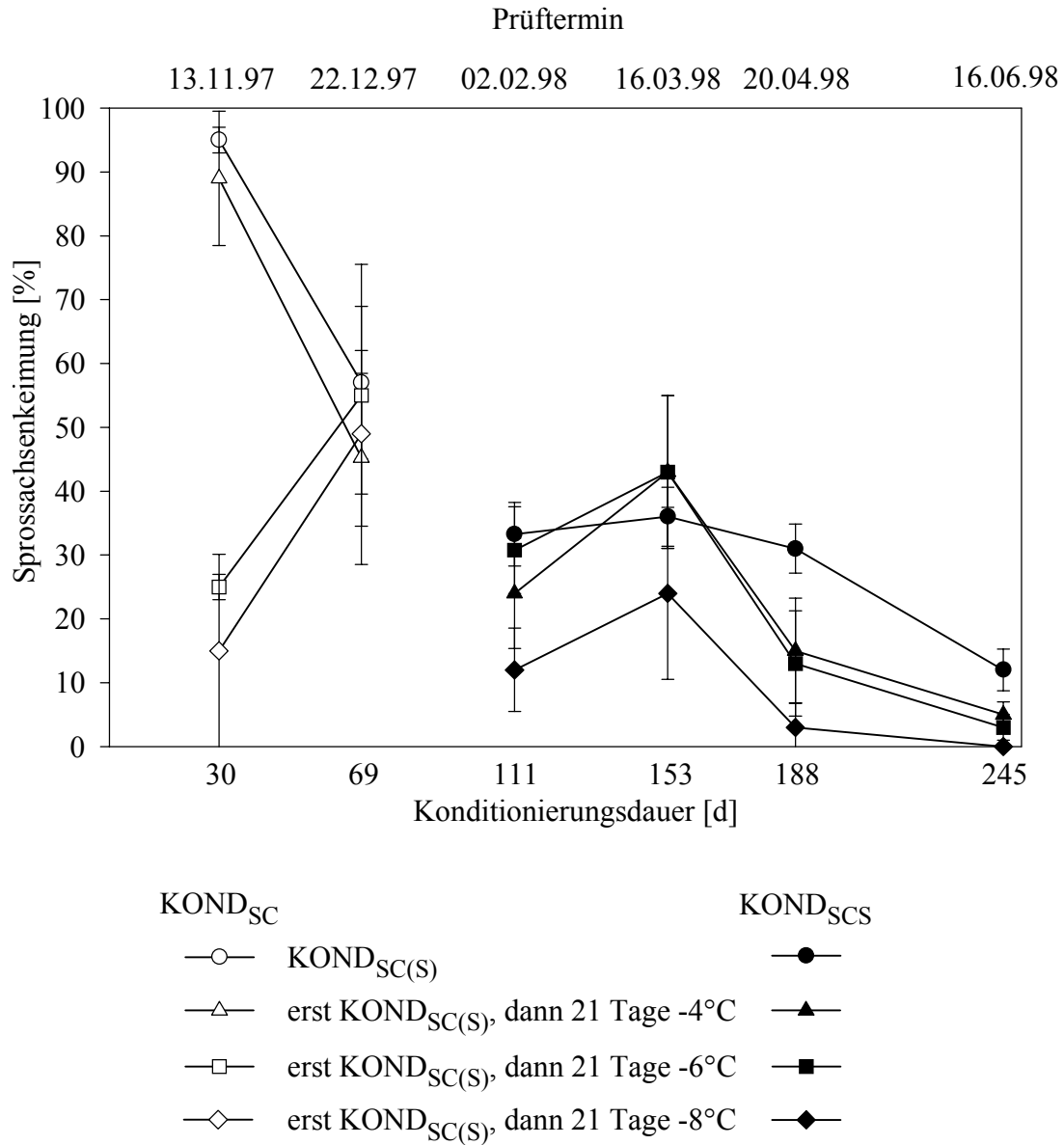


Abb. 15: **Sprossachsenkeimung** bei Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' als Maß für die Saatgutvitalität während der Konditionierungslagerung bei schrittweise gesenkter, im Tagesverlauf gleichbleibender Temperatur ( $KOND_{SC(S)}$ ) sowie nach den an die Konditionierungslagerung anschließenden Frosthärtetests, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 69, 74, 143, 162

Bis zum vierten Prüftermin am 16.03.98 nach 153 Tagen Konditionierungsdauer konnte die Vitalität bzw. Frosthärte dieser Eicheln gegen  $-4^{\circ}\text{C}$  mit Keimergebnissen von 80% bzw. 88% gekeimter Sprossachsen statistisch nicht von dem Vitalitätsniveau unterschieden werden, welches bei gleicher Behandlung an den 1997/1998 im Freiland und den unter Tag/Nacht Wechseltemperaturbedingungen konditionierten Eicheln vorgefunden wurde (Tab. 9, S. 76).

Gegen  $-6^{\circ}\text{C}$  war an den Eicheln der  $\text{KOND}_{\text{SCG}}$  vom ersten Prüftermin nach 30 Tagen Konditionierungsdauer bis zum vierten Prüftermin nach 153 Tagen Konditionierungsdauer ein kontinuierlicher, statistisch absicherbarer Anstieg der Frosthärte zu beobachten.

Tab. 7: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede der **Sprossachsenkeimung** bei Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der  $\text{KOND}_{\text{SC(G)}}$  vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998.

Zurück zu S. 73

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
		<b>SC [d]</b>		<b>SC-G [d]</b>			
		30	69	42	84	119	176
<b>Keimung [%]</b>	KOND	95 ± 2	57 ± 12	80 ± 6	80 ± 12	76 ± 13	53 ± 18
	$-4^{\circ}\text{C}$	89 ± 11	45 ± 17	92 ± 3	88 ± 9	65 ± 8	39 ± 8
	$-6^{\circ}\text{C}$	25 ± 2	55 ± 20	63 ± 9	87 ± 11	64 ± 17	39 ± 8
	$-8^{\circ}\text{C}$	15 ± 15	49 ± 9	29 ± 9	31 ± 13	41 ± 10	29 ± 10
<b>Behandlung</b>	KOND	B	A	D	C	B	B
	$-4^{\circ}\text{C}$	B	A	C	BC	B	AB
	$-6^{\circ}\text{C}$	A	A	B	BC	B	AB
	$-8^{\circ}\text{C}$	A	A	A	A	A	A
<b>Zeit</b>	KOND	A	B	C	C	C	D
	$-4^{\circ}\text{C}$	A	B	C	C	D	E
	$-6^{\circ}\text{C}$	A	B	B	C	D	E
	$-8^{\circ}\text{C}$	A	B	C	C	C	C

$\chi^2$ -Test, Fisher's Exact Test zweiseitig,  $p \leq 0,05$ ,  $n = 100$ ,  
arithmetisches Mittel der Sprossachsenkeimung (gerundet)  $\pm$  Standardabweichung,  
signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird,  
bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.



Zum Zeitpunkt der maximalen Frosthärte waren mit 87% gekeimter Sprossachsen die Keimerggebnisse dieser Behandlung statistisch nicht von denen der Konditionierungskontrolle und der  $-4^{\circ}\text{C}$  FHT-Behandlung zu unterscheiden. Von den Ergebnissen, welche im Versuchsjahr 1997/1998 zu gleicher Zeit im Anschluss an die  $-6^{\circ}\text{C}$  FHT-Behandlung am Saatgut der Konditionierung unter Bedingungen der  $\text{KOND}_{\text{SW}}$  erzielt wurden, konnten die Ergebnisse dieses Tests ebenfalls nicht statistisch unterschieden werden (Abb. 14, S. 70; Tab. 7, S. 72; Tab. 9, S. 76).

Tab. 8: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede der **Sprossachsenkeimung** bei Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der  $\text{KOND}_{\text{SC(S)}}$  vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998. Zurück zu S. 74

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
		<b>SC [d]</b>		<b>SC-S [d]</b>			
		30	69	42	84	119	176
<b>Keimung [%]</b>	KOND	95 ± 2	57 ± 12	33 ± 5	36 ± 5	31 ± 4	12 ± 3
	$-4^{\circ}\text{C}$	89 ± 11	45 ± 17	24 ± 9	43 ± 12	15 ± 8	5 ± 2
	$-6^{\circ}\text{C}$	25 ± 2	55 ± 20	31 ± 7	43 ± 12	13 ± 8	3 ± 2
	$-8^{\circ}\text{C}$	15 ± 15	49 ± 9	12 ± 7	24 ± 13	3 ± 4	0 ± 0
<b>Behandlung</b>	KOND	B	A	B	B	B	B
	$-4^{\circ}\text{C}$	B	A	B	B	A	AB
	$-6^{\circ}\text{C}$	A	A	B	B	A	AB
	$-8^{\circ}\text{C}$	A	A	A	A	A	A
<b>Zeit</b>	KOND	A	B	C	C	C	D
	$-4^{\circ}\text{C}$	A	B	C	D	E	F
	$-6^{\circ}\text{C}$	A	B	C	C	D	E
	$-8^{\circ}\text{C}$	A	B	C	D	E	F

$\chi^2$ -Test, Fisher's Exact Test zweiseitig,  $p \leq 0,05$ ,  $n = 100$ , arithmetisches Mittel der Sprossachsenkeimung (gerundet)  $\pm$  Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Die gegen  $-8^{\circ}\text{C}$  an den Prüfterminen nach 30, 69, 188 und 245 Tagen Konditionierungsdauer im FHT ermittelte Frosthärte war mit Keimerggebnissen von 15%, 49%, 41% und 29% gekeimter Sprossachsen bei dieser Konditionierungsvariante statistisch eben-

falls nicht von den Ergebnissen zu unterscheiden, welche zu gleichem Zeitpunkt an den Eicheln aus der  $KOND_{SW}$  erzielt wurden.

Am dritten und vierten Prüftermin nach 111 und 153 Tagen Konditionierungslagerung fielen die Keimergebnisse nach der  $-8^{\circ}C$  FHT-Behandlung in dieser Konditionierungsvariante signifikant niedriger aus als bei den Eicheln aus der  $KOND_{SW}$  (Tab. 9, S. 76).

Die Eicheln, welche nach 69 Tagen Konditionierungsdauer an der Wasseroberfläche treibend abgeschwemmt wurden ( $KOND_{SCS}$ ,  $76\%_{GW}$  der  $KOND_{SC}$ ), zeigten bis zum Versuchsende eine stetige Abnahme ihrer Vitalität. Die Keimergebnisse der Eicheln aus der Konditionierungskontrolle und den  $-4^{\circ}C$  sowie  $-6^{\circ}C$  FHT-Behandlungen waren dabei statistisch nicht voneinander zu unterscheiden (Abb. 15, S. 71; Tab. 8, S. 73). Lediglich die Eicheln der  $-8^{\circ}C$  FHT-Behandlungen zeigten zum Teil signifikant niedrigere Keimergebnisse als die Eicheln der übrigen Behandlungen dieser Konditionierungsvariante.

#### **3.1.4. Vergleich der Methoden**

Beim Vergleich der im Versuchsjahr 1997 / 1998 am Saatgut von *Quercus robur* 'Quickborn' untersuchten Konditionierungsmethoden zeigt sich, dass die Saatgutvitalität unter den „humiden“ Klimabedingungen der  $KOND_{FL}$  länger auf hohem Niveau erhalten blieb als bei der im Vergleich „ariden“  $KOND_{SW}$ . Gleichzeitig wiesen die signifikant niedrigeren Keimergebnisse nach  $-6^{\circ}C$  und  $-8^{\circ}C$  während der 153 tägigen Konditionierung in einer Freilandmiete deutlich auf eine im Vergleich zu den Eicheln der  $KOND_{SW}$  ausgeprägtere Frostsensibilität „humid“ gelagerter Eicheln hin.

Die Eicheln der  $KOND_{SCG}$  zeigten nach dem Abschwemmen und Überführung in „Mantelkühlraumbedingungen“ ein Vitalitätsniveau vor und nach FHTs, welches zwischen dem der  $KOND_{FL}$  und  $KOND_{SW}$  angesiedelt war.

Insbesondere an den letzten beiden Prüfterminen unterschieden sich die Eicheln der  $KOND_{FL}$  und  $KOND_{SCG}$  durch z.T. signifikant höhere Keimergebnisse vor und nach den FHTs von den Eicheln der  $KOND_{SW}$  (Tab. 9, S. 43).

Die **Schnitttestergebnisse** zeigen in der Grundaussage ein Bild, welches dem der Keimtests entsprach, d.h. auch im Schnitttest wurde die höchste potentielle Vitalität zusammen mit der geringsten Frosthärteentwicklung bei den Eicheln der KONDFL während der Konditionierung in der Freilandmiete festgestellt. Ein deutlicher Anstieg der Frosthärte nach Überführung in eine Klimakammer in die Bedingungen der KONDSW war ebenfalls zu beobachten (Anhang 1, Tab. 19, S. 210 u. Tab. 20, S. 211).

Die im Keimtest beobachtete Abnahme der Vitalität konnte bei den Eicheln der KONDSW und in noch stärkerem Ausmaß der KONDS<sub>C</sub> im Schnitttest auf im Verlauf der Konditionierungslagerung unter „ariden“ Konditionierungsbedingungen zunehmend auftretende Trocknungsschäden zurückgeführt werden (Abb. 20, S. 86).

Tab. 9: Vergleich der **Sprossachsenkeimung** als Parameter der Vitalität konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KOND<sub>FL</sub>, KOND<sub>SW</sub> und KOND<sub>SC(G)</sub>, 1997 / 1998. Zurück zu S. 72, 73, 74, 116, 171

		Prüftermin						
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98	
		Konditionierungsdauer [d]						
		30	69	111	153	188	245	
Sprossachsenkeimung [%]	KOND	FL	99 ± 2	77 ± 11	78 ± 11	85 ± 13	89 ± 8	77 ± 12
		SW	86 ± 7	91 ± 9	83 ± 19	80 ± 12	58 ± 30	48 ± 21
		SC(G)	95 ± 2	57 ± 12	80 ± 6	80 ± 12	76 ± 13	53 ± 18
	-4°C	FL	91 ± 9	70 ± 11	80 ± 6	76 ± 8	79 ± 8	68 ± 16
		SW	85 ± 13	90 ± 5	88 ± 16	83 ± 14	53 ± 25	28 ± 25
		SC(G)	89 ± 11	45 ± 17	92 ± 3	88 ± 9	65 ± 8	39 ± 8
	-6°C	FL	34 ± 12	56 ± 9	38 ± 13	59 ± 12	75 ± 13	68 ± 11
		SW	58 ± 12	85 ± 10	92 ± 6	80 ± 9	55 ± 19	27 ± 18
		SC(G)	25 ± 2	55 ± 20	63 ± 9	87 ± 11	64 ± 17	39 ± 8
	-8°C	FL	5 ± 6	17 ± 6	3 ± 4	17 ± 8	52 ± 3	42 ± 2
		SW	20 ± 19	49 ± 10	55 ± 13	55 ± 8	54 ± 25	15 ± 12
		SC(G)	15 ± 15	49 ± 9	29 ± 9	31 ± 13	41 ± 10	29 ± 10
Variantenunterschied	KOND	FL	B	B	A	A	C	B
		SW	A	C	A	A	A	A
		SC(G)	AB	A	A	A	B	A
	-4°C	FL	A	B	A	A	B	B
		SW	A	C	AB	A	A	A
		SC(G)	A	A	B	A	A	A
	-6°C	FL	A	A	A	A	B	B
		SW	B	B	C	B	A	A
		SC(G)	A	A	B	B	AB	A
	-8°C	FL	A	A	A	A	A	B
		SW	B	B	C	C	A	A
		SC(G)	B	B	B	B	A	AB

$\chi^2$ -Test, Fisher's Exact Test zweiseitig,  $p \leq 0,05$ , n wie bei den Varianten aufgeführt, arithmetisches Mittel der Sprossachsenkeimung (gerundet)  $\pm$  Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Varianten sind durch unterschiedliche Grossbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.

### **3.1.5. Veränderungen der untersuchten Stoffwechselmerkmale**

#### **3.1.5.1. Embryonenwassergehalt**

Die Wassergehaltsentwicklung in der Embryonenfrischmasse der konditionierten Gesamtstichproben der untersuchten Eicheln aus den in Kap. 2.2, S. 45 beschriebenen Konditionierungsvarianten reflektierte deutlich die in den jeweiligen Lägern herrschenden Klimabedingungen.

Im Versuchsjahr 1997 / 1998 war im Verlauf der 245 tägigen Konditionierungsdauer sowohl bei den Eicheln der  $KOND_{FL}$  als auch bei denen der  $KOND_{SW}$  über die Versuchsdauer eine zwischen den Konditionierungsvarianten graduell unterschiedlich stark ausgeprägte, ab dem dritten Prüftermin kontinuierlich fortschreitende Abnahme des Wassergehaltes in der Frischsubstanz der Embryonen zu beobachten. Die Eicheln der während der ersten vier Prüftermine allein dem natürlichen Klima ausgesetzten  $KOND_{FL}$  wiesen dabei ab dem dritten Prüftermin signifikant höhere Wassergehalte auf als die Eicheln der „arideren“  $KOND_{SW}$  (zirkulierender Luftstrom, periodische Luftbefeuchtung), auch nach ihrer Überführung in eine Klimakammer (Abb. 16, S. 78).

Die einer ständigen Luftzirkulation direkt ausgesetzten Eicheln der nicht mit einer zusätzlichen Luftbefeuchtung ausgestatteten  $KOND_{SC}$  zeigten in der Zeit zwischen dem ersten und zweiten Prüftermin deutlich stärkere Wasserverluste als die Eicheln der  $KOND_{FL}$  und  $KOND_{SW}$ . Nach der Trennung der  $KOND_{SC}$  am zweiten Prüftermin durch Abschwemmen in die Varianten  $KOND_{SCG}$  und  $KOND_{SCS}$  zeichneten sich die Eicheln der  $KOND_{SCG}$  durch Wassergehalte aus, welche mit denen der  $KOND_{FL}$  und  $KOND_{SW}$  vergleichbar und meistens nicht signifikant von denen zu unterscheiden waren. Die in den ersten 69 Tagen Konditionierungsdauer stark von Austrocknung betroffenen und in Folge dessen abgeschwemmten Eicheln der  $KOND_{SCS}$  wiesen in der Zeit vom dritten bis sechsten Prüftermin signifikant niedrigere Wassergehalte auf als die weniger ausgetrockneten und dadurch auf den Beckengrund abgesunkenen Eicheln der  $KOND_{SCG}$ . Durch das Abdecken der Lagerbehälter mit Folienhauben aus Polyethylen (Prinzip der Mantelkühlung !) konnte der anfängliche, rapide Wasserverlust bei den Eicheln der  $KOND_{SCG}$  und  $KOND_{SCS}$  gebremst aber nicht gestoppt werden (Abb. 16, S. 78).

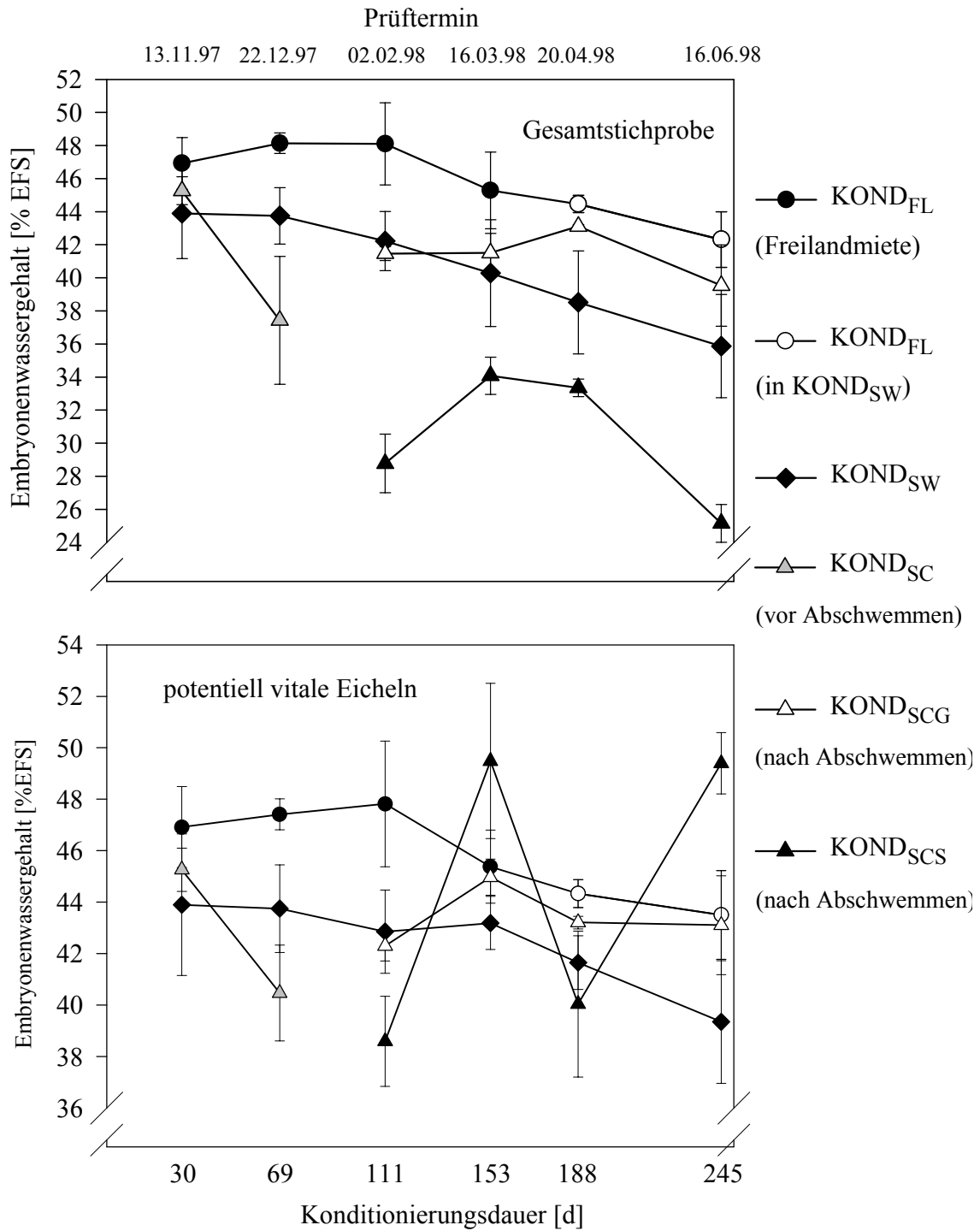


Abb. 16: Entwicklung des Embryonenwassergehaltes in der Frischsubstanz der Gesamtstichproben und der daraus durch Schnitttests ermittelten Fraktion der potentiell vitalen Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' im Verlauf der Konditionierungslagerung, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 77 oben, 77 unten, 79, 162

Obwohl in den Gesamtstichproben der Konditionierungskontrollen Embryonenwassergehalte unterhalb 38% [% EFS] bei „arider“ Lagerung auftraten, wurde dieser Wert von den potentiell vitalen Eichel­n der Konditionierungskontrollen nicht unterschritten (Abb. 16, S. 78).

Bei den Eichel­n der  $KOND_{FL}$  zeigte sich nach Aufspaltung der gezogenen Populationsstichproben im Schnitttest in die Fraktionen „potentiell vital“, „erfroren“ und „vertrocknet“ bei den als „potentiell vital“ klassifizierten Eichel­n der  $-8^{\circ}C$  FHTs, andeutungsweise auch bei denen der  $-6^{\circ}C$  FHTs, dass die im Keimtest gefundene Rhythmik des Auf- und Abbaus der Frosthärte sich in der Entwicklung des Wassergehaltes der Eichel­n spiegelt. Die Mittelwertunterschiede im Embryonenwassergehalt zwischen den aufeinanderfolgenden Prüfterminen waren für die jeweiligen Prüfterperaturen mit den vorhandenen Daten jedoch nicht statistisch abzusichern (Abb. 18, S. 81; Anhang 1, Tab. 32, S. 223; Tab. 38, S. 229).

Mit dem Absinken des Wassergehaltes vom ersten zum zweiten Prüftermin war eine signifikante Zunahme der Sprossachsenkeimung nach einem  $-8^{\circ}C$  FHT zu beobachten. Mit dem Anstieg des Wassergehaltes vom zweiten zum dritten Prüftermin wurde eine signifikante Abnahme der Sprossachsenkeimung festgestellt. Im Zuge der am Schnitttestmaterial beobachteten, kontinuierlichen Abnahme des Wassergehaltes unter 45% bis 46% in der Frischmasse vom dritten bis zum sechsten Prüftermin konnte, im Keimtest vom dritten bis fünften Prüftermin eine kontinuierliche, von Termin zu Termin signifikant ansteigende Zunahme der Sprossachsenkeimung bei den Eichel­n der  $-6^{\circ}C$  und  $-8^{\circ}C$  FHTs ermittelt werden (Abb. 18, S.81, Abb. 39, S. 119).

Obwohl die bei den Eichel­n der  $KOND_{FL}$  über die Frosttemperaturen  $-4^{\circ}C$ ,  $-6^{\circ}C$  und  $-8^{\circ}C$  an den potentiell vitalen Eichel­n gefundene Abstufung des Wassergehaltes nicht statistisch abgesichert werden konnte, soll hier darauf hingewiesen werden, dass das Überleben tieferer Frosttemperaturen ( $-8^{\circ}C$ ) bei diesen, im Vergleich über alle Varianten wasserreichsten Eichel­n mit einem niedrigeren Wassergehalt in Verbindung zu stehen schien als das Überleben bei schwächeren Frösten ( $-4^{\circ}C$ ) (Abb. 18, S. 81). Ergänzt wurde dieses Bild durch die Beobachtung, dass die Eichel­n der  $KOND_{FL}$ , welche die an die Konditionierungslagerung anschließenden Frosthärtetests potentiell überlebten, tendenziell niedrigere Wassergehalte aufwiesen als die erfrorenen Eichel­n der jeweiligen FHT-Stufe. Lässt man bei dieser Betrachtung die FHT-Temperaturstufen der jeweiligen

Prüftermine unberücksichtigt, zeigen sich signifikante Unterschiede im Wassergehalt der Frischmasse potentiell vitaler und erfrorener Eichelembryonen (Abb. 17, S. 80).

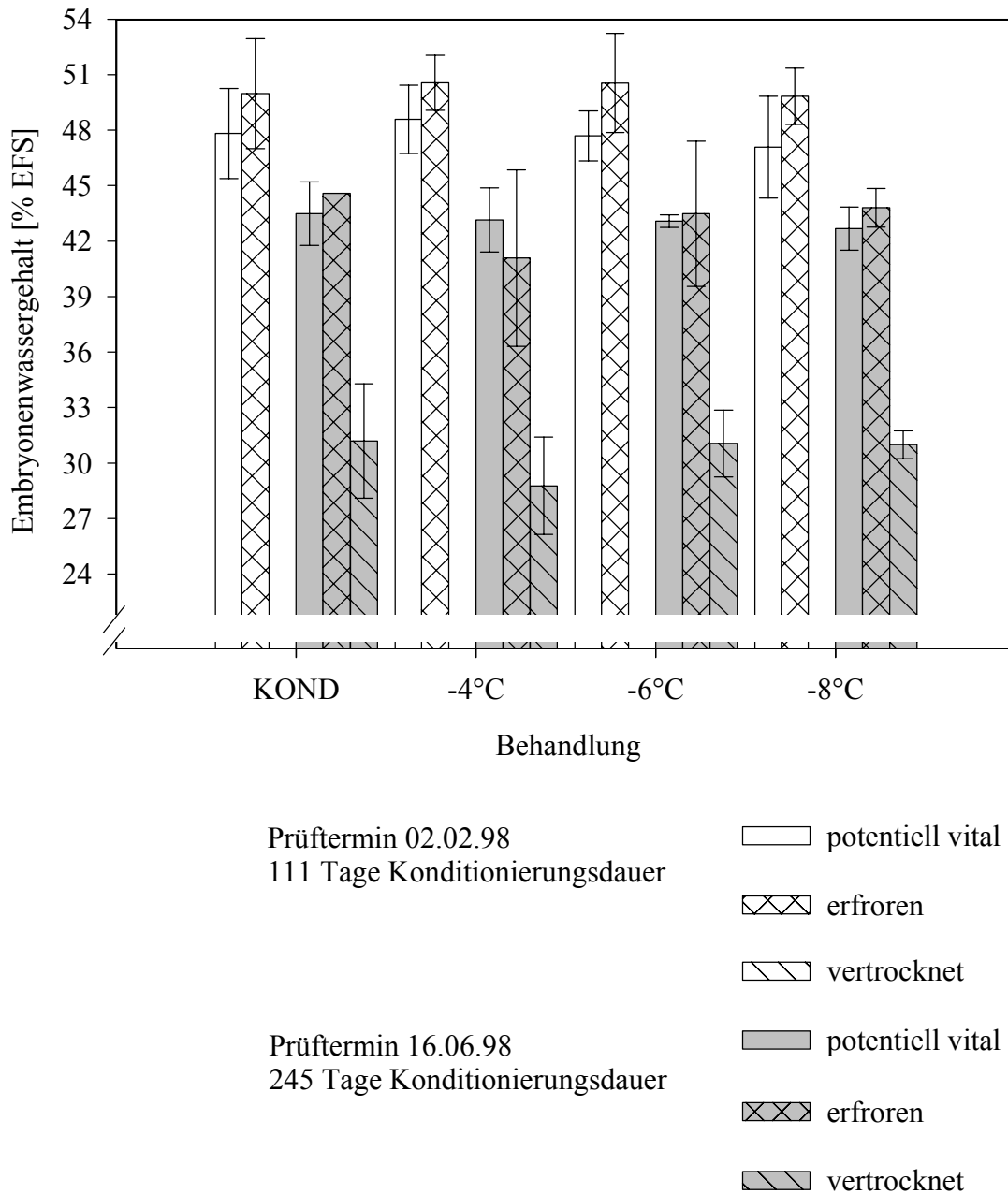


Abb. 17: Wassergehalt in der Embryonenfrischsubstanz potentiell vitaler, erfrorener und vertrockneter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' nach Probenahme an zwei Prüfterminen im Verlauf der Konditionierungslagerung unter den Bedingungen der KOND<sub>FL</sub>, 1997 /1998.

Zurück zu S. 80



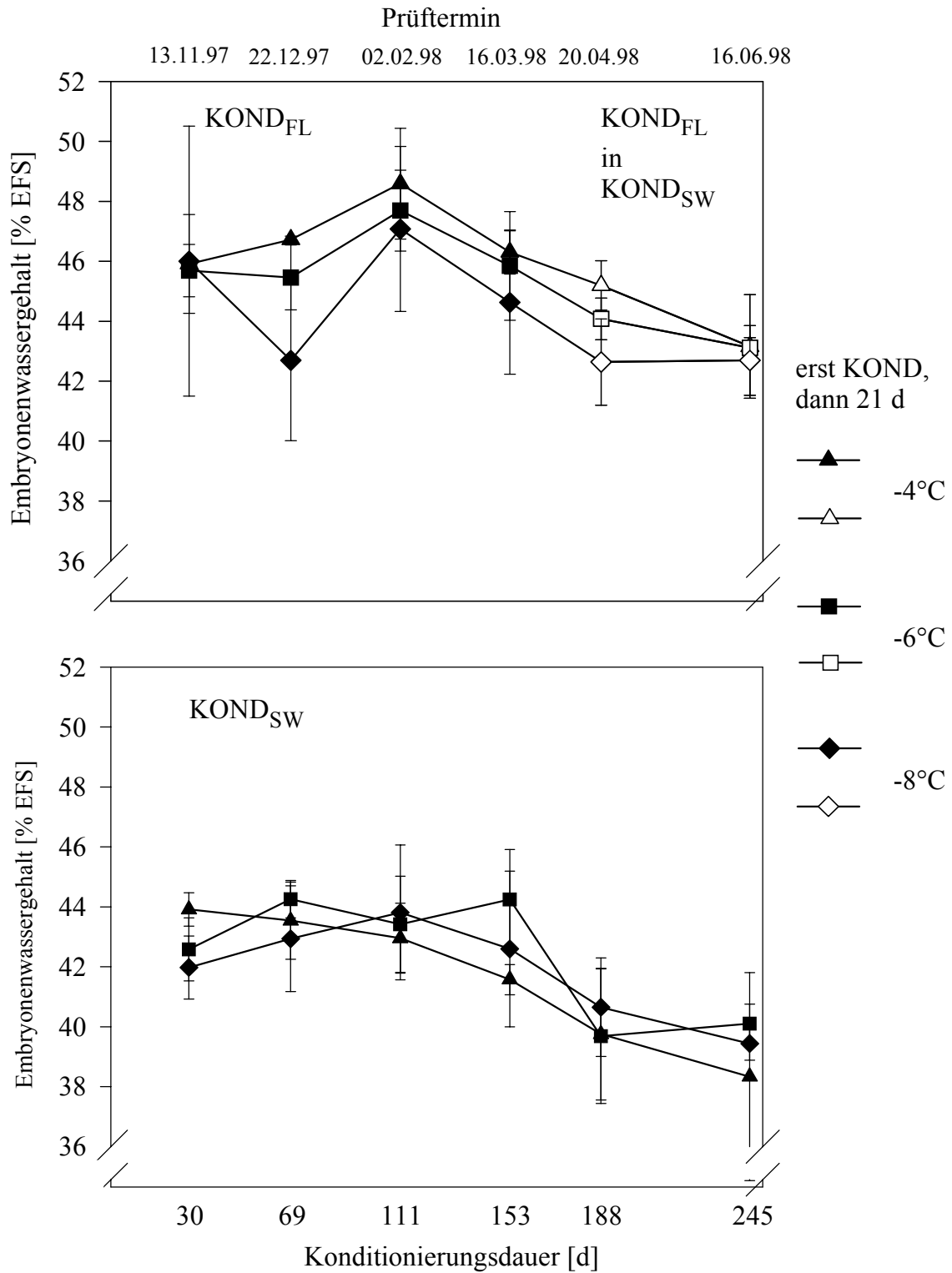


Abb. 18: Wassergehalt in der Embryonenfrischsubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' nach Frosthärtetests und vorhergehender Konditionierung unter den Bedingungen der KOND<sub>FL</sub> sowie der KOND<sub>SW</sub> 1997/1998.

Zurück zu S. 79 oben, 79 mitte, 79 unten, 83, 163, 168

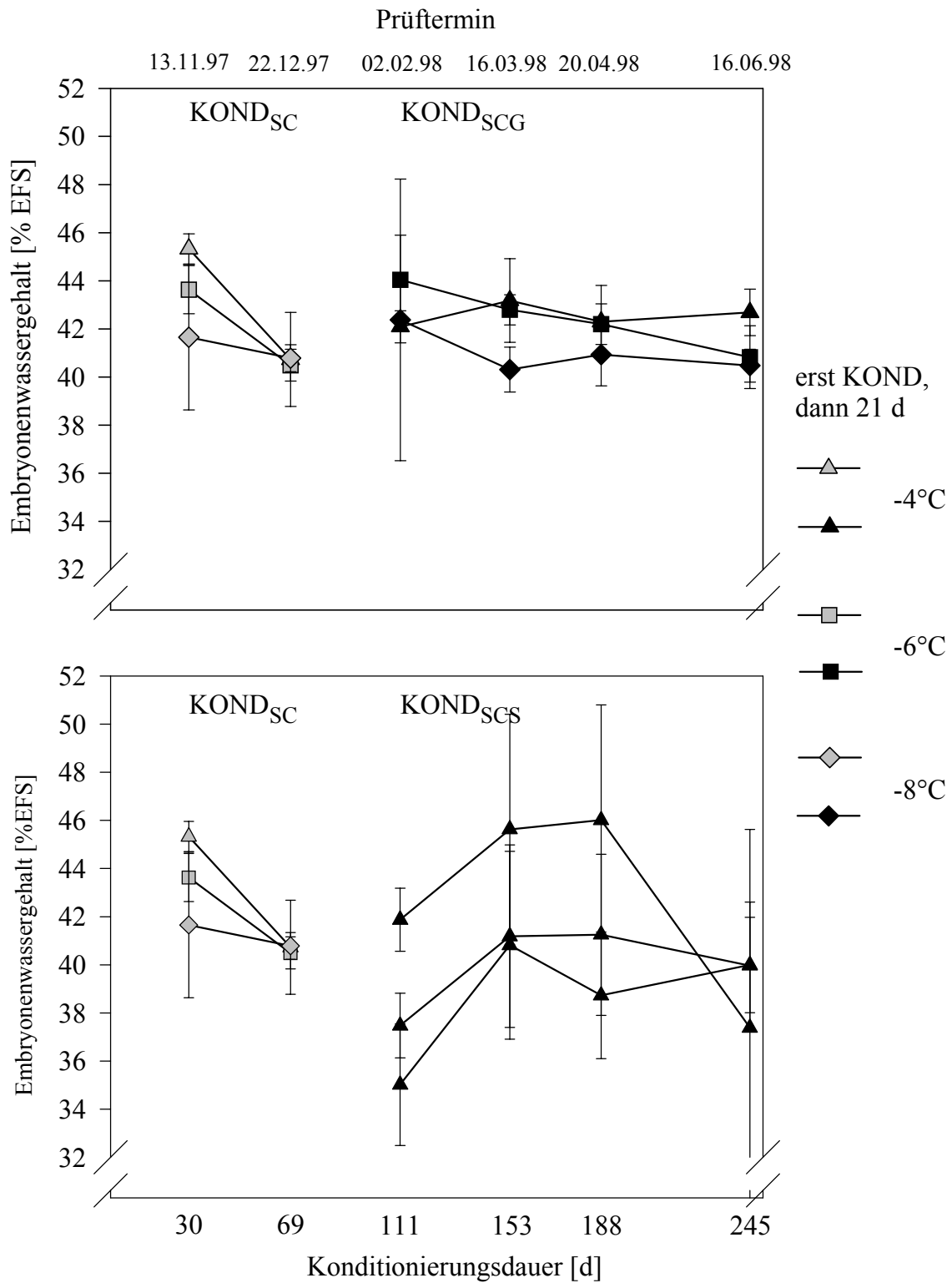


Abb. 19: Wassergehalt in der Embryonenfrischsubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' nach Frosthärte-tests und vorhergehender Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>C</sub> sowie der daraus hervorgegangenen KONDS<sub>CG</sub> und KONDS<sub>Cs</sub>, 1997/1998.

Zurück zu S. 84, 163

Bei den unter den Bedingungen der im Vergleich „arideren“  $KOND_{SW}$  konditionierten Eicheln, welche bereits am ersten Prüftermin nach 30 Tagen Konditionierungsdauer im Keimtest eine deutlich höhere Frosthärte gegen  $-6^{\circ}C$  und  $-8^{\circ}C$  aufwiesen als die entsprechenden Eicheln der  $KOND_{FL}$ , wurden schon am ersten Prüftermin im Schnitttestmaterial der potentiell vitalen Eicheln Wassergehalte unterhalb 45% in der Frischmasse gefunden. Entgegen der an den Eicheln der  $KOND_{FL}$  gefundenen Ergebnisse, wurde bei den Eicheln der  $KOND_{SW}$  ab dem vierten Prüftermin nach 153 Tagen Konditionierungsdauer der ständig abnehmende Wassergehalt der alle Schnitttestfraktionen umfassenden Populationsstichprobe begleitet von einem kontinuierlich abnehmenden Anteil gekeimter Sprossachsen im Keimtest, bei sinkendem Wassergehalt in der Fraktion der potentiell vitalen Eicheln (Abb. 13, S. 67; Abb. 18, S. 81).

Ab dem zweiten Prüftermin nach 69 Tagen Konditionierungsdauer konnte die an den als potentiell vital bonitierten Eicheln der  $KOND_{FL}$  vorgefundene, zumindest tendenzielle Abstufung der Wassergehalte mit zunehmender, potentiell überlebter Frosttiefe bei den Eicheln der  $KOND_{SW}$  ebensowenig beobachtet werden, wie statistisch absicherbare Unterschiede im Wassergehalt lebender und erfrorener Eichelembryonen (Anhang 1, Tab. 41, S. 232; Tab. 47, S. 238).

Letzt genannte Unterschiede im Wassergehalt zwischen vitalen und erfrorenen Eicheln waren auch bei den Eicheln der  $KOND_{SC}$  mit ihren späteren Untervarianten  $KOND_{SCG}$  und  $KOND_{SCS}$  statistisch nicht zu bestätigen (Anhang 1, Tab. 50, S. 241; Tab. 56, S. 247; Tab. 59, S. 250; Tab. 64, S. 255).

Zusammen mit der Abnahme des Wassergehaltes konnte im Schnitttest bei den Eicheln der  $KOND_{SW}$  und der  $KOND_{SC}$  eine kontinuierliche Abnahme des Anteils als erfroren bonitierter Eicheln vom ersten bis sechsten Prüftermin beobachtet werden. Diese wurde von einem kontinuierlich ansteigenden Anteil als vertrocknet bonitierter Eicheln begleitet (Abb. 20, S. 85; Abb. 21, S. 86). Gleichzeitig nahmen ab dem vierten Prüftermin nach 153 Tagen Konditionierungsdauer die Keimergebnissen der Eicheln aus der Konditionierungskontrolle der  $KOND_{SW}$  und  $KOND_{SCG}$  sowie den  $-4^{\circ}C$  und  $-6^{\circ}C$  FHTs kontinuierlich ab (Abb. 13, S. 67; Abb. 14, S. 70). Die Eicheln der  $-8^{\circ}C$  FHTs zeigten diesen Vitalitätsverlust erst vom fünften zum sechsten Prüftermin.

Bei den Eicheln aus der  $KOND_{FL}$  zeichnete sich am Schnitttestmaterial eine im Prinzip entsprechende, in ihrem Ausmaß jedoch schwächere und insgesamt zeitlich verzögerte

Entwicklung ab. Hier nahm der Anteil der als erfroren bonitierten Eicheln erst nach Überführung des Lagerbestandes in eine Klimakammer unter Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> rapide ab, bei gleichzeitigem Anstieg der Sprossachsenkeimung nach  $-6^{\circ}\text{C}$  und  $-8^{\circ}\text{C}$  FHTs. Die ersten als vertrocknet bonitierten Eicheln traten erst am sechsten Prüftermin nach 245 Tagen Konditionierungsdauer (92 Tage nach der Überführung in die Klimakammer) mit einem Anteil von 5% - 10% in Erscheinung. Das bedeutet, dass seit dem Überführen der Eicheln in das im Vergleich zur Freilandmiete „aridere“ Klima der Klimakammer die ersten bonitierten Trocknungsschäden nach vergleichbar langer Konditionierungsdauer unter vergleichbaren Bedingungen auftraten wie bei den Eicheln der KONDS<sub>SW</sub>.

Bei den Eicheln der KONDS<sub>SCS</sub> traten nach dem Abschwemmen der Ausgangsvariante KONDS<sub>SC</sub> am zweiten Prüftermin praktisch keine erfrorenen Eicheln mehr im Schnitttest auf. Der Anteil als vertrocknet bonitierter Eicheln lag ab dem dritten Prüftermin nach 111 Tagen Konditionierungsdauer oberhalb von 70% (Abb. 21, S. 86).

Der Anteil der als potentiell vital bonitierten Eicheln der KONDS<sub>SCS</sub> zeigte Wassergehalte in der Embryonenfrischsubstanz, welche bei einer Betrachtung über alle Behandlungen häufig nicht signifikant von denen der anderen Varianten zu unterscheiden waren (Abb. 19, S. 82; Anhang 1, Tab. 23, S. 214, Tab. 24, S. 215, Tab. 25, S. 216).

Insgesamt zeigte sich, dass der Bereich um 38% - 39% Embryonenwassergehalt [% EFS] einen Schwellenwert darstellt, dessen Unterschreitung zur Ausbildung von Symptomen einer Trocknungsschädigung führt. Oberhalb dieses Schwellenwertes blieben diese Symptome (Tab. 4, S. 55) aus. Die Mehrzahl der bonitierten Erfrierungssymptome trat im geprüften Temperaturbereich von  $-4^{\circ}\text{C}$  bis  $-8^{\circ}\text{C}$  bei Wassergehalten oberhalb 43% in der Embryonenfrischsubstanz auf, insbesondere bei „humider“ Konditionierung (Anhang 1, Tab. 14, S. 127, Tab. 41, S. 232, Tab. 50, S. 241, Tab. 59, S. 250).

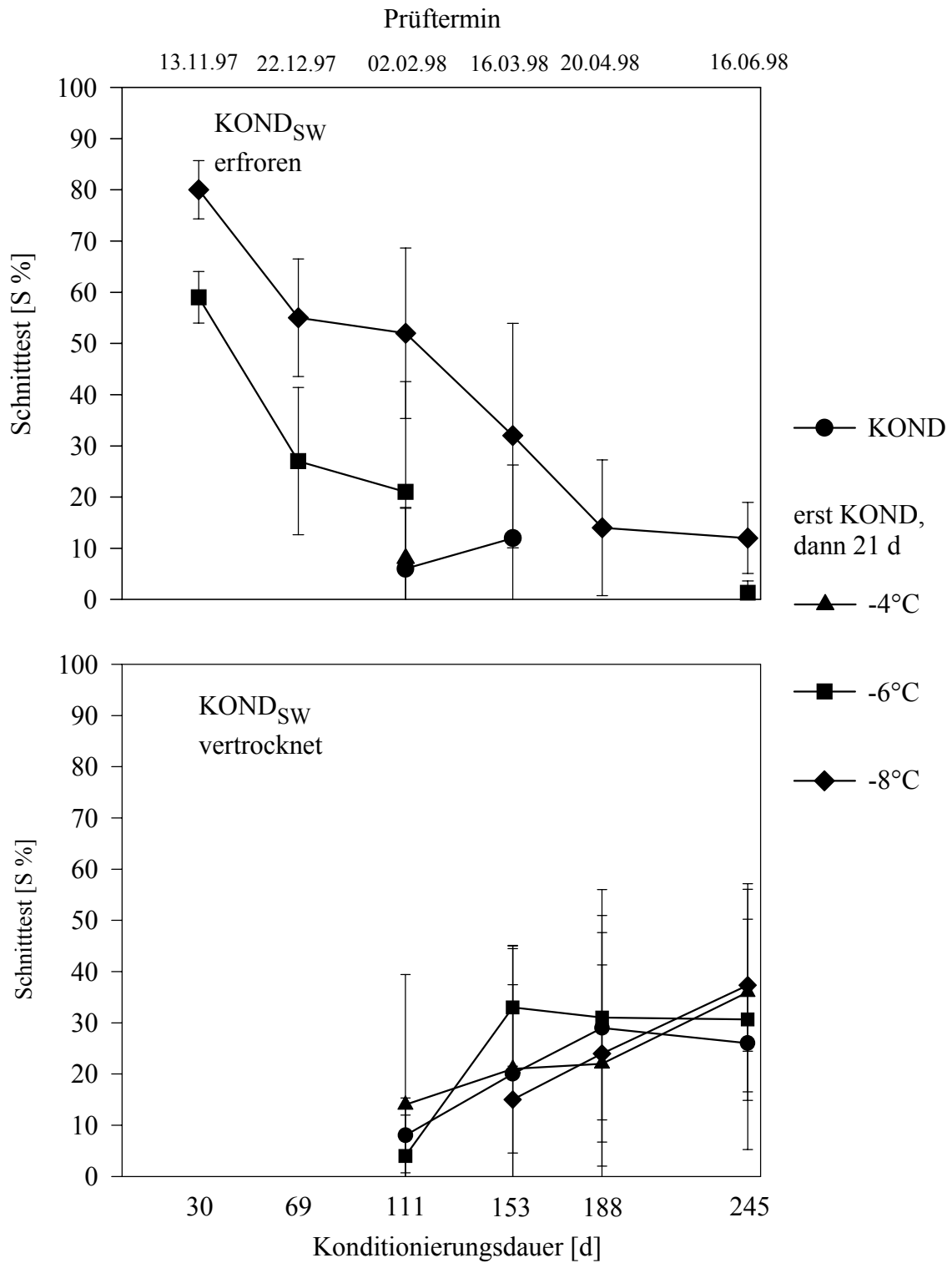


Abb. 20: Entwicklung der Anteile erfrorener und vertrockneter Eicheln an den Gesamtstichproben konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' im Verlauf der Konditionierung unter den Bedingungen der KOND<sub>SW</sub>, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 75, 83, 170



### 3.1.5.2. Zucker und Stärke

Von den untersuchten Zuckern lag der größte Anteil als Glucose und Fructose vor, während Saccharose mit einem nur vergleichsweise geringen Anteil an der Gesamtmenge der drei untersuchten Zucker beteiligt war.

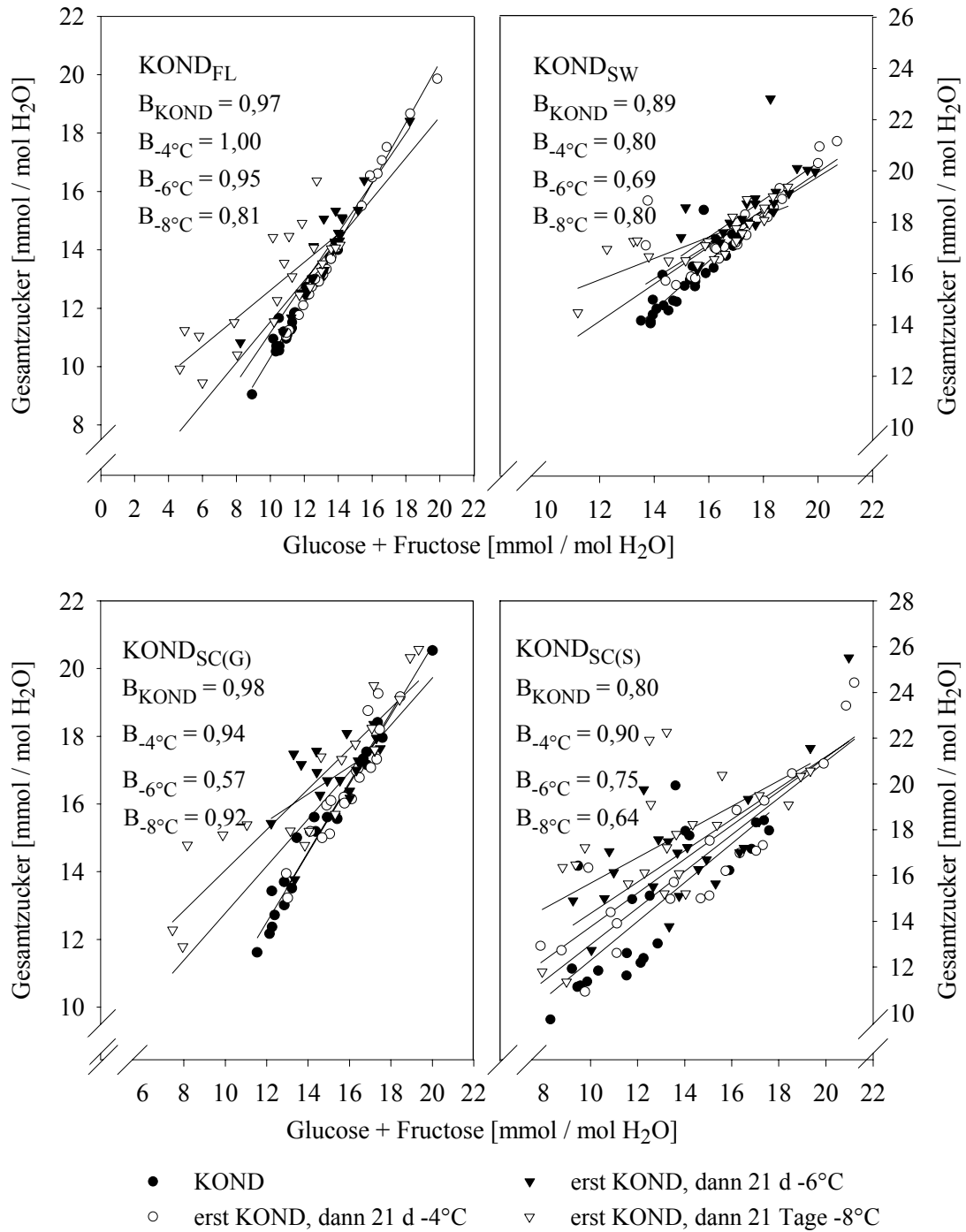


Abb. 22: Abhängigkeit des Gesamtzuckergehaltes vom Glucose- und Fructosegehalt im Zellsaft potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn', 1997 / 1998.

Zurück zu S. 88

Dementsprechend waren Veränderungen des Gesamtzuckergehaltes (Anhang 1, Tab. 38, S. 229; Tab. 47, S. 238; Tab. 56, S. 247; Tab. 64, S. 255) primär auf Veränderungen des Glucose- und Fructosegehaltes (Anhang 1, Tab. 39, S. 230; Tab. 48, S. 239; Tab. 57, S. 248; Tab. 65, S. 256) in den potentiell vitalen Eichelzellen aller Varianten und der jeweiligen Behandlungen zurückzuführen (Abb. 22, S. 87).

Die berechneten Zuckerkonzentrationen im Zellsaft potentiell vitaler Eichelzellen zeigten eine stärkere Abhängigkeit von den in der Embryonentrockensubstanz gemessenen Zuckergehalten als vom Embryonenwassergehalt (Anhang 1, Tab. 31, S. 222).

In der Embryonentrockensubstanz [mg / g ETS] und im Zellsaft [mmol / mol H<sub>2</sub>O] potentiell vitaler Eichelzellen nahm der Gehalt der Hexosen (Glucose + Fructose) während der Konditionierungslagerung bei den Konditionierungskontrollen aller untersuchten Varianten des Versuchsjahres 1997 / 1998 in unterschiedlich starkem Ausmaß ab (Abb. 23, S. 89), wobei die Veränderungen in der analysierten Trockensubstanz zwischen den Terminen statistisch nicht abgesichert werden konnten.

Bei den Eichelzellen der „humiden“ KONDFL war vom ersten zum zweiten Prüftermin noch eine Zunahme des Hexosengehaltes in der Trockensubstanz und im Zellsaft potentiell vitaler Eichelzellen zu beobachten. Darauf folgte eine stetige Abnahme der in der Embryonentrockensubstanz ermittelten Werte im weiteren Versuchsverlauf, während die Konzentration der Hexosen im Zellsaft unverändert blieb.

Die potentiell vitalen Eichelzellen der KONDSW zeigten vom ersten zum dritten Prüftermin gleichbleibende Glucose- und Fructosegehalte in Embryonentrockensubstanz und Zellsaft. Nach dem dritten Prüftermin erfolgte eine Abnahme des Hexosengehaltes in der Embryonentrockensubstanz wobei auch hier nach dem dritten Prüftermin die Konzentration im Zellsaft unverändert blieb.

In den potentiell vitalen Eichelzellen der Konditionierungskontrollen der „humiden“ KONDFL konnten sowohl in der Embryonentrockensubstanz als auch im Zellsaft deutlich niedrigere Glucose- und Fructosegehalte bestimmt werden als bei den Eichelzellen der „ariden“ KONDSW (Abb. 23, S. 89; Anhang 1, Tab. 26, Tab. 27; Tab. 28).

Die potentiell vitalen Eichelzellen der Konditionierungskontrollen der „ariden“ KONDSK zeigten während der ersten 69 Tage Konditionierungsdauer einen deutlichen Anstieg der Glucose- und Fructosegehalte, insbesondere im Zellsaft. Nach Trennung der Variante KONDSK durch Abschwemmen in die Varianten KONDSKG und KONDSKS, verlief im Zellsaft die Abnahme der Hexosengehalte der potentiell vitalen Eichelzellen beider Varianten



ten synchron zueinander. Dabei wiesen sich die Eicheln der  $KOND_{SCG}$  durch höhere Glucose- und Fructosegehalte im Zellsaft aus als die Eicheln der  $KOND_{SCS}$ . In der Embryonentrockensubstanz wurden nach der Trennung der Varianten ebenfalls höhere Gehalte der Hexosen bei den potentiell vitalen Eicheln der  $KOND_{SCG}$  vorgefunden (Abb. 23, S. 89; Anhang 1, Tab. 26, S. 217; Tab. 27, S. 218; Tab. 28, S. 219).

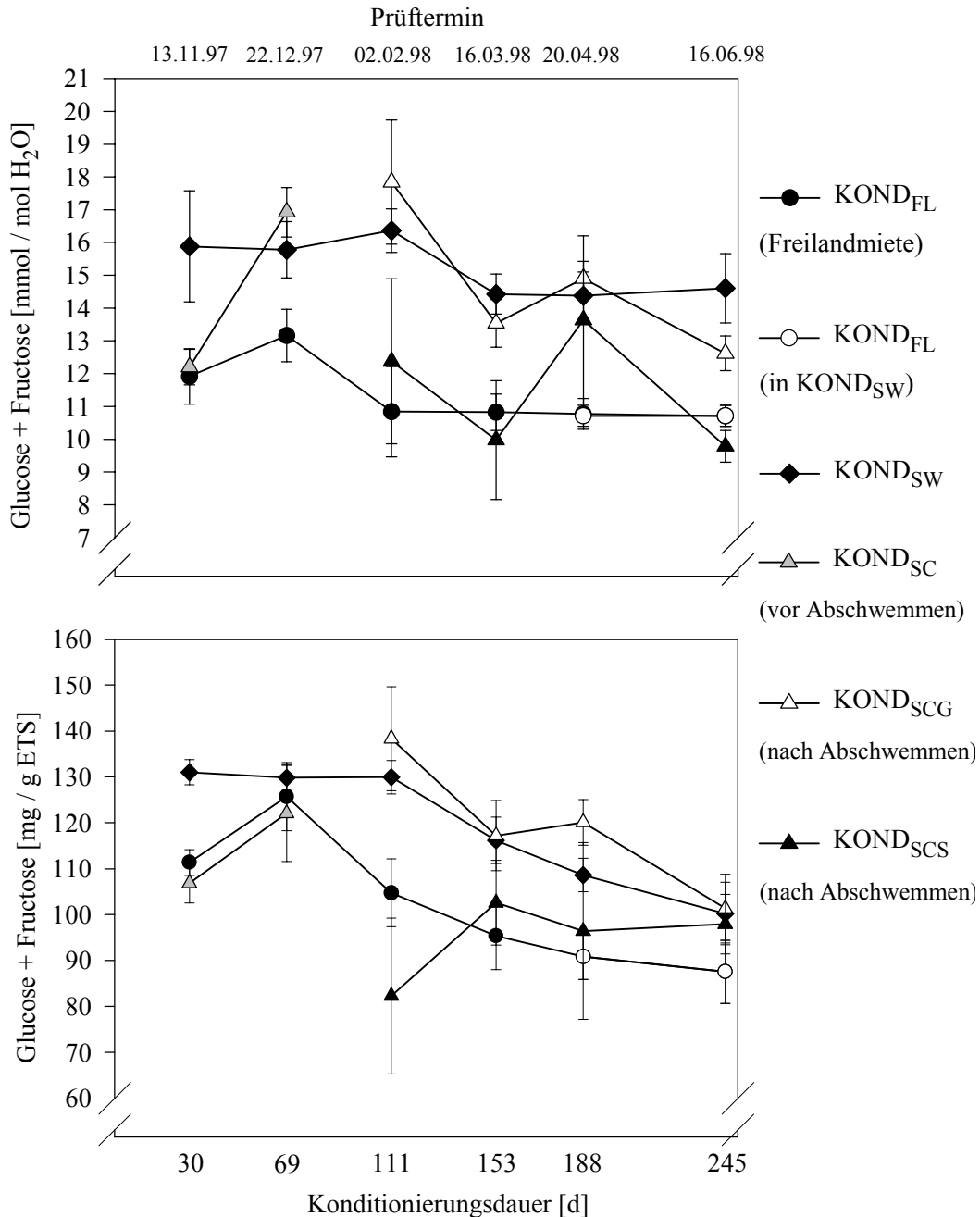


Abb. 23: Entwicklung des Glucose- und Fructosegehaltes im Zellsaft und in der Embryonentrockensubstanz der Konditionierungskontrollen bei potentiell vitalen Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn', 1997 / 1998.

Zurück zu S. 88 oben, 88 unten, 89

Bei einer Betrachtung über die Zeit zeigt sich am Glucose:Fructose-Verhältnis in potentiell vitalen Eicheln aller Konditionierungsvarianten und Behandlungen, dass bei abnehmendem Gehalt beider Zucker die Glucose stärker abnahm (Abb. 24, S. 90; Abb. 25, S. 91; Abb. 26, S. 92).

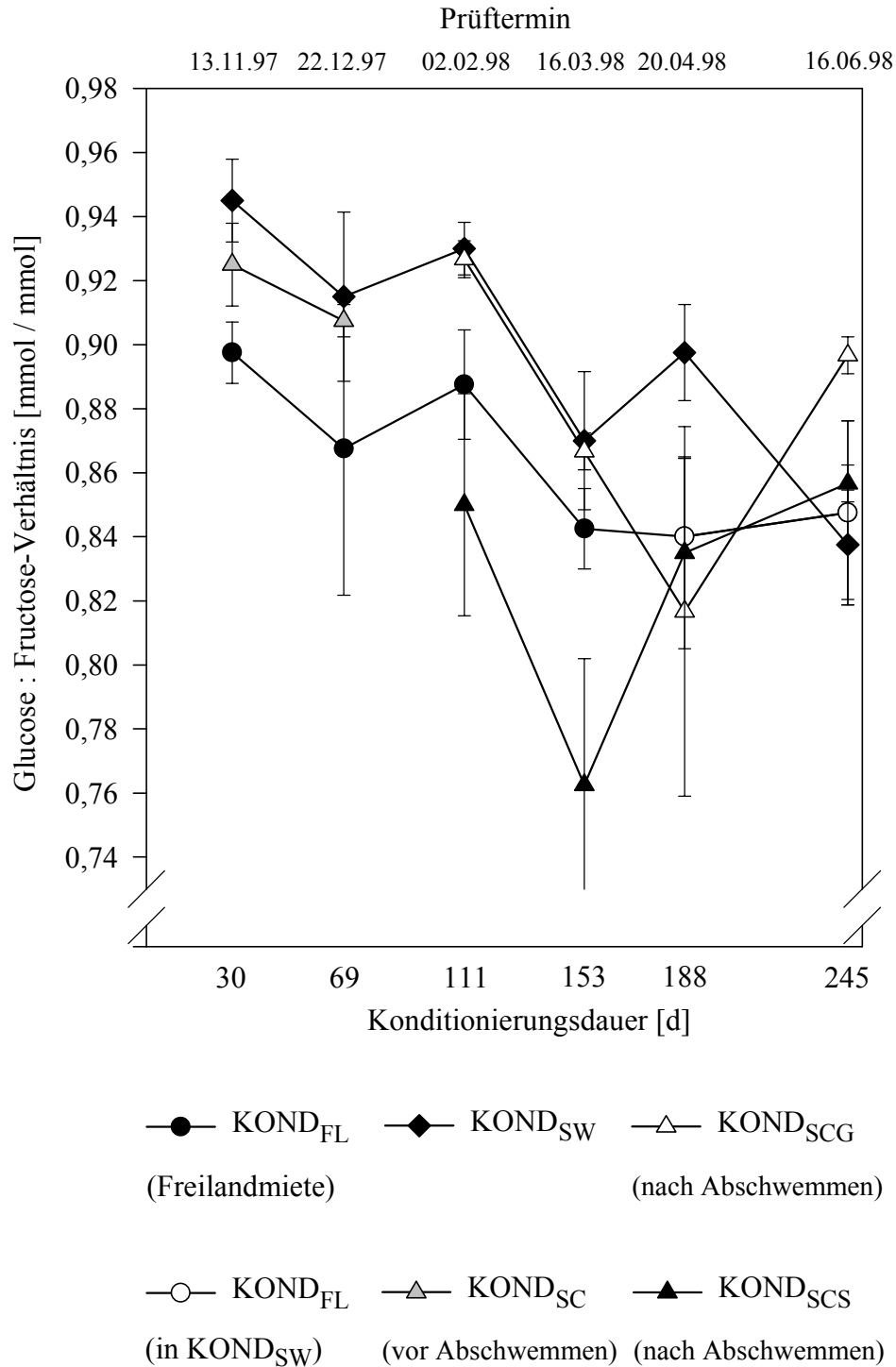


Abb. 24: Glucose:Fructose-Verhältnis im Zellsaft bei potentiell vitalen Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' der Konditionierungskontrollen, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 90, 168, 169

Im Anschluss an FHTs zeigte sich insbesondere bei den potentiell vitalen Eicheln der  $KOND_{FL}$ , dass sich die untersuchten Eicheln mit zunehmender überlebter Frosttiefe durch ein zunehmend weiteres Glucose:Fructose-Verhältnis auszeichneten. Bei den Eicheln der  $KOND_{SW}$  waren keine Unterschiede zwischen den Behandlungen in der Abnahme des Glucosegehaltes gegenüber dem Fructosegehalt sichtbar.

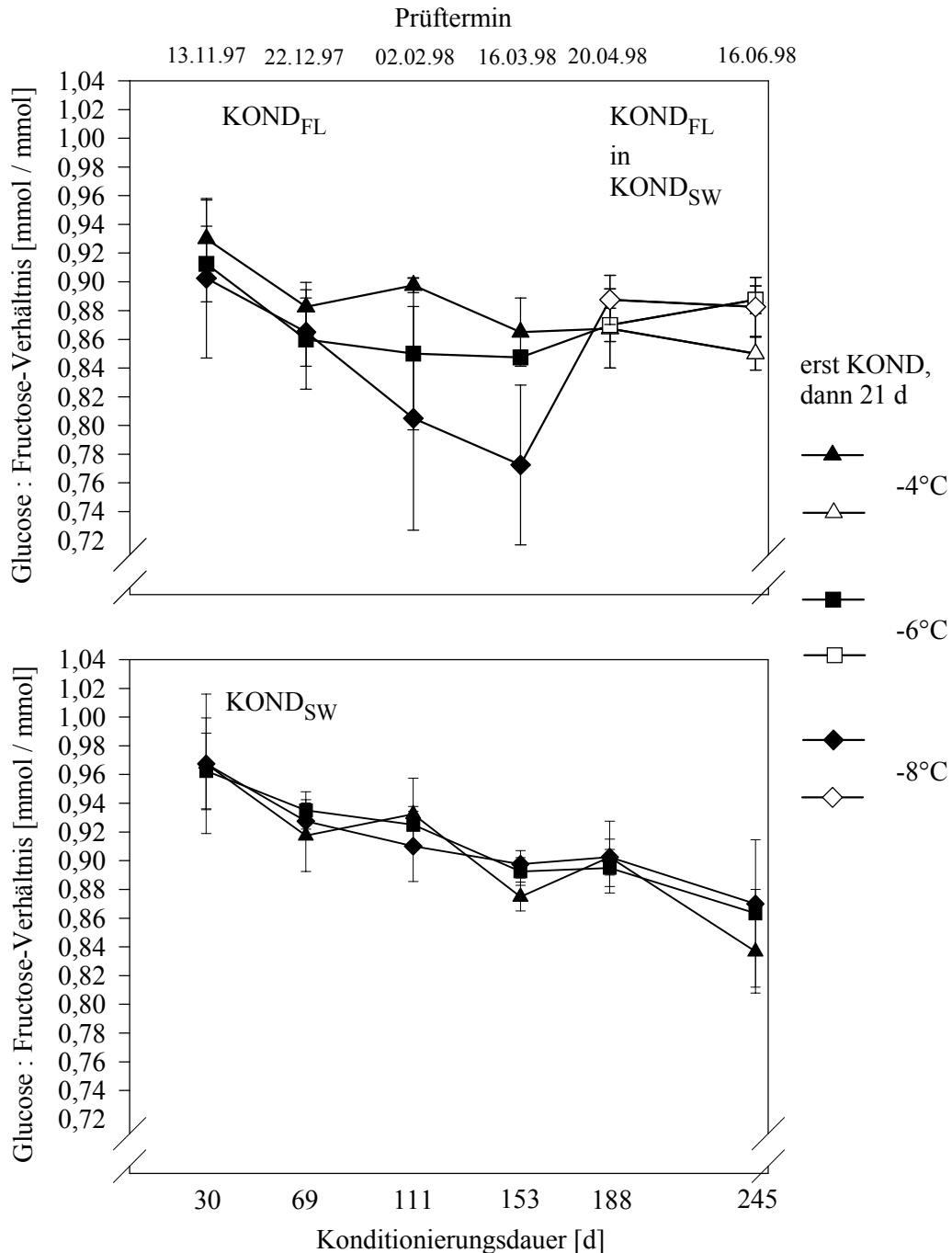


Abb. 25: Glucose:Fructose-Verhältnis potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus der  $KOND_{FL}$  und  $KOND_{SW}$  nach FHTs, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 90

Nach dem Abschwemmen der Eicheln der Variante  $KOND_{SC}$  zeichneten sich die potentiell vitalen Eicheln der Folgevariante  $KOND_{SCS}$  anfänglich durch ein weiteres Glucose:Fructose-Verhältnis aus als die Eicheln der  $KOND_{SCG}$ .

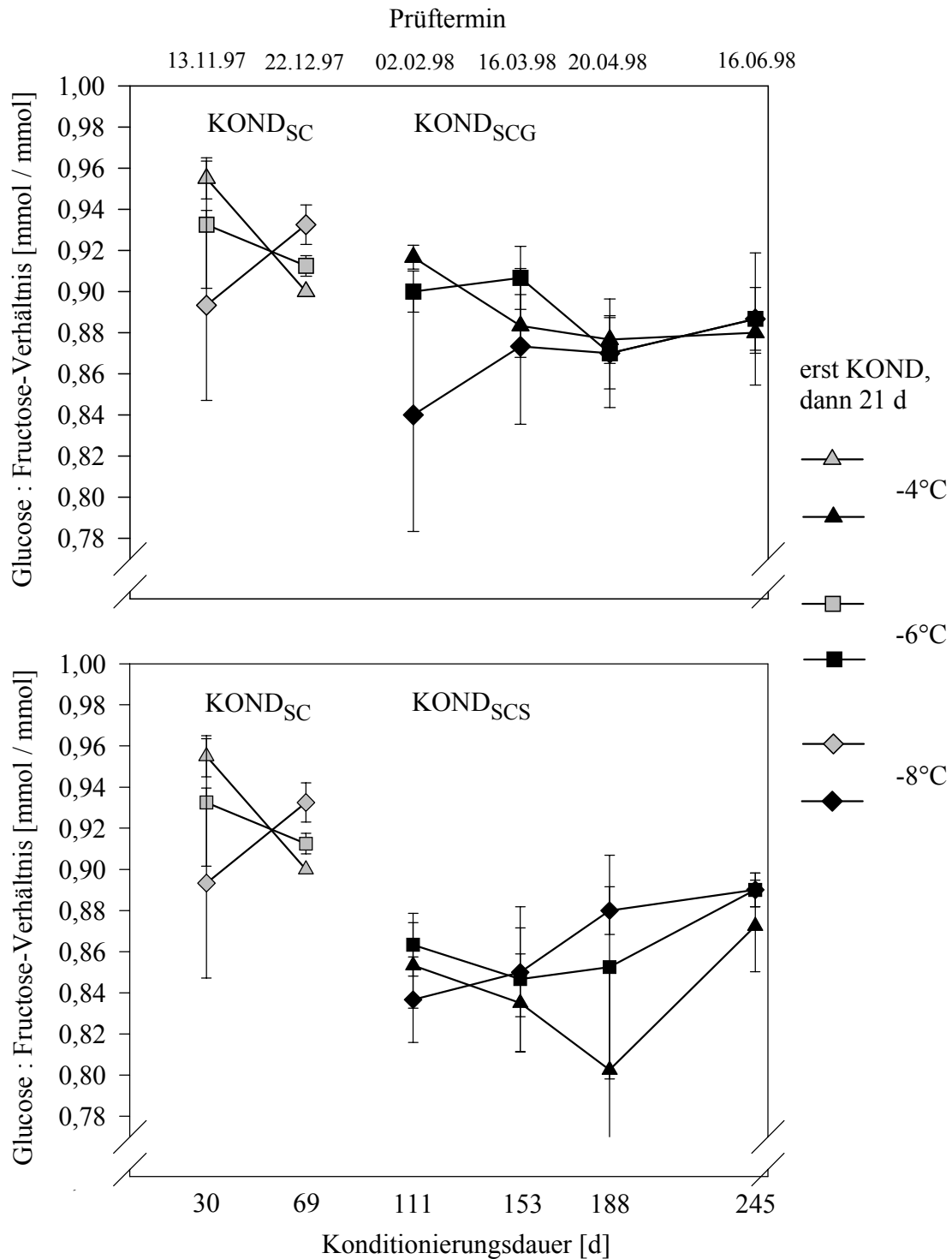


Abb. 26: Glucose:Fructose-Verhältnis potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus der  $KOND_{SC/SCG}$  und  $KOND_{SC/SCS}$  nach FHTs, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 90

Im Anschluss an die FHTs zeigten die als potentiell vital bonitierten Eicheln der  $KOND_{FL}$ ,  $KOND_{SCG}$  und  $KOND_{SCS}$  mit zunehmender Frosttiefe abnehmende Glucose- und Fructosegehalte, sowohl in ihrer Embryonentrockensubstanz als auch im Zellsaft.

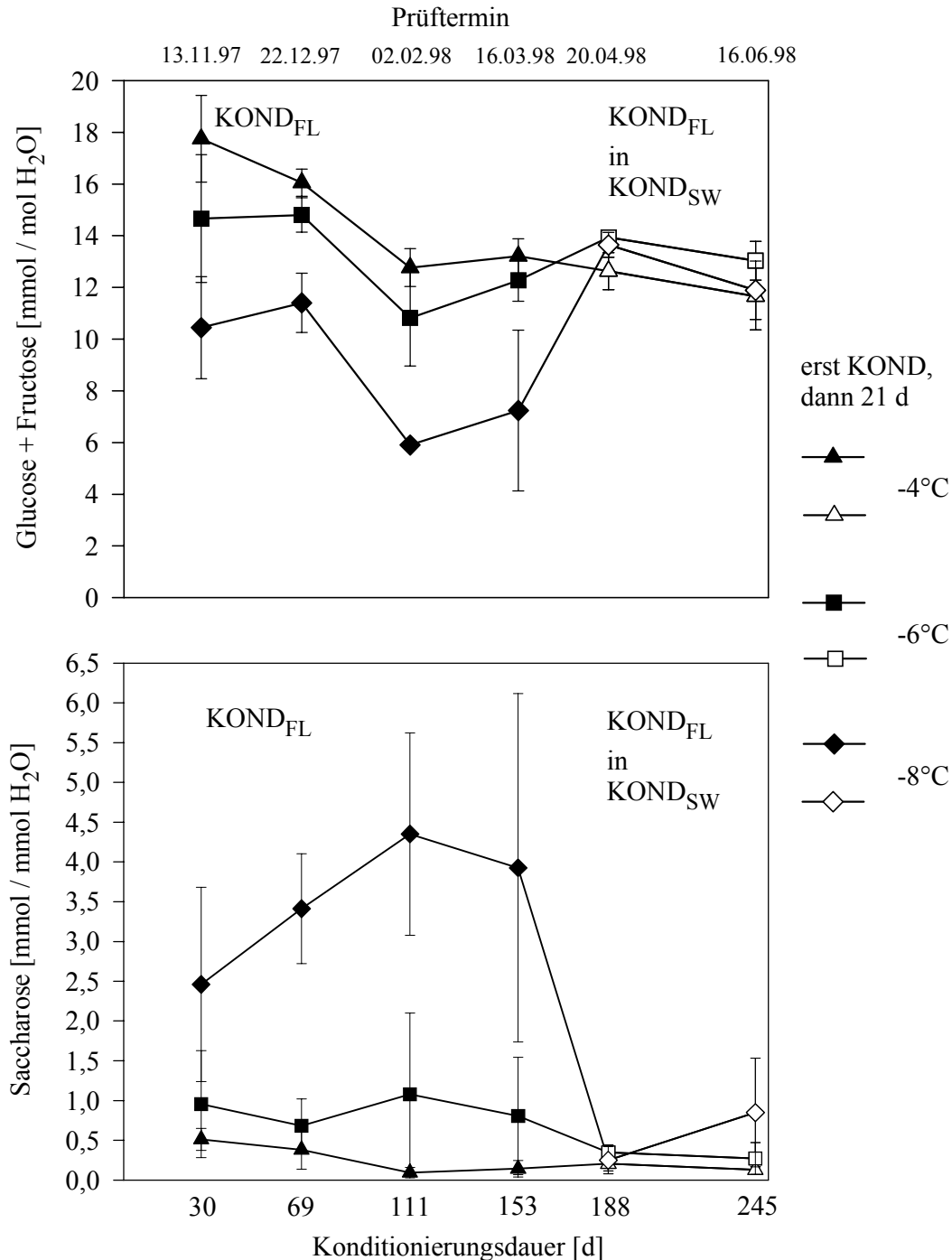


Abb. 27: Glucose + Fructose und Saccharose im Zellsaft potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' nach Frosthärte-tests. Die vor den FHTs durchgeführte Konditionierung erfolgte in einer Freilandmiete ( $KOND_{FL}$ ) und nachgeschaltet in einer Klimakammer ( $KOND_{SW}$ ), 1997 / 1998.

Zurück zu S. 94 oben, 94 unten, 114, 165, 169

Bei den Eicheln der  $KOND_{FL}$  konnte diese Beobachtung an den Messwerten aus der Embryontrockensubstanz im Anschluss an die  $-8^{\circ}C$  FHTs für die ersten vier Prüftermine statistisch abgesichert werden (Abb. 27, S. 93; Anhang 1, Tab. 34, S. 225; Tab. 35, S. 226).

Im Versuchsverlauf zeichneten sich im FHT gestresste und anschließend als potentiell vital bonitierte Eicheln der  $KOND_{FL}$ ,  $KOND_{SCG}$  und  $KOND_{SCS}$  mit zunehmender überlebter Frosttiefe, in der Zeit zwischen dem zweiten Prüftermin nach 69 Tagen Konditionierungsdauer und dem fünften Prüftermin nach 188 Tagen Konditionierungsdauer, durch zunächst abnehmende und anschließend wieder ansteigende Glucose- und Fructosegehalte in Embryontrockensubstanz und Zellsaft aus.

Dieses Tal wurde insbesondere nach den  $-6^{\circ}C$  und  $-8^{\circ}C$  FHTs von einem Peak im Saccharosegehalt der Embryontrockensubstanz und im Zellsaft potentiell vitaler Eicheln begleitet (Abb. 28, S. 95; Anhang 1, Tab. 39, S. 230; Tab. 40, S. 231; Tab. 57, S. 248; Tab. 58, S. 249; Tab. 65, S. 256; Tab. 66, S. 257).

In der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln der  $KOND_{FL}$  erwiesen sich die höheren Saccharosegehalte nach  $-8^{\circ}C$  gegenüber schwächeren Frösten und nicht durch Frost gestressten Eicheln vom ersten bis vierten Prüftermin als signifikant (Abb. 27, S. 93; Anhang 1, Tab. 40, S. 231).

Bei den Eicheln der „ariden“  $KOND_{SW}$  konnten diese Wechselbeziehung von Glucose- und Fructosegehalt auf der einen Seite und Saccharosegehalt auf der anderen Seite weder in der Embryontrockensubstanz noch im Zellsaft beobachtet werden (Abb. 28, S. 95; Abb. 39, S. 119; Anhang 1, Tab. 48, S. 239; Tab. 49, S. 240).

Eine Gegenüberstellung der Glucose- und Fructosegehalte in der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler vs. erfrorener bzw. vertrockneter Eicheln der Konditionierungsvarianten  $KOND_{FL}$ ,  $KOND_{SW}$  und  $KOND_{SCG}$  zeigt, dass sowohl die erfrorenen als auch die vertrockneten Eicheln, in den wenigen Fällen einer statistischen Unterscheidbarkeit, überwiegend signifikant niedrigere Gehalte dieser Zucker aufwiesen als die potentiell vitalen Eicheln der jeweiligen Stichproben. Insbesondere bei den Eicheln der  $KOND_{FL}$  und  $KOND_{SCG}$  fielen die Mittelwerte des Glucose- und Fructosegehaltes in der Embryontrockensubstanz vertrockneter Eicheln niedriger aus als bei den erfrorenen Eicheln der jeweiligen Stichproben (Anhang 1, Tab. 34, S. 225; Tab. 35, S. 226; Tab. 43, S. 234; Tab. 44, S. 235; Tab. 52, S. 243; Tab. 53, S. 244).

Im Zellsaft wiesen vertrocknete Eicheln z.T. deutlich höhere Glucose- und Fructosegehalte auf als potentiell vitale und erfrorene Eicheln. Erfrorene Eicheln waren anhand ihrer Glucose- und Fructosekonzentration im Zellsaft meistens nicht von den potentiell vitalen Eicheln zu unterscheiden (Tab. 10, S. 96).

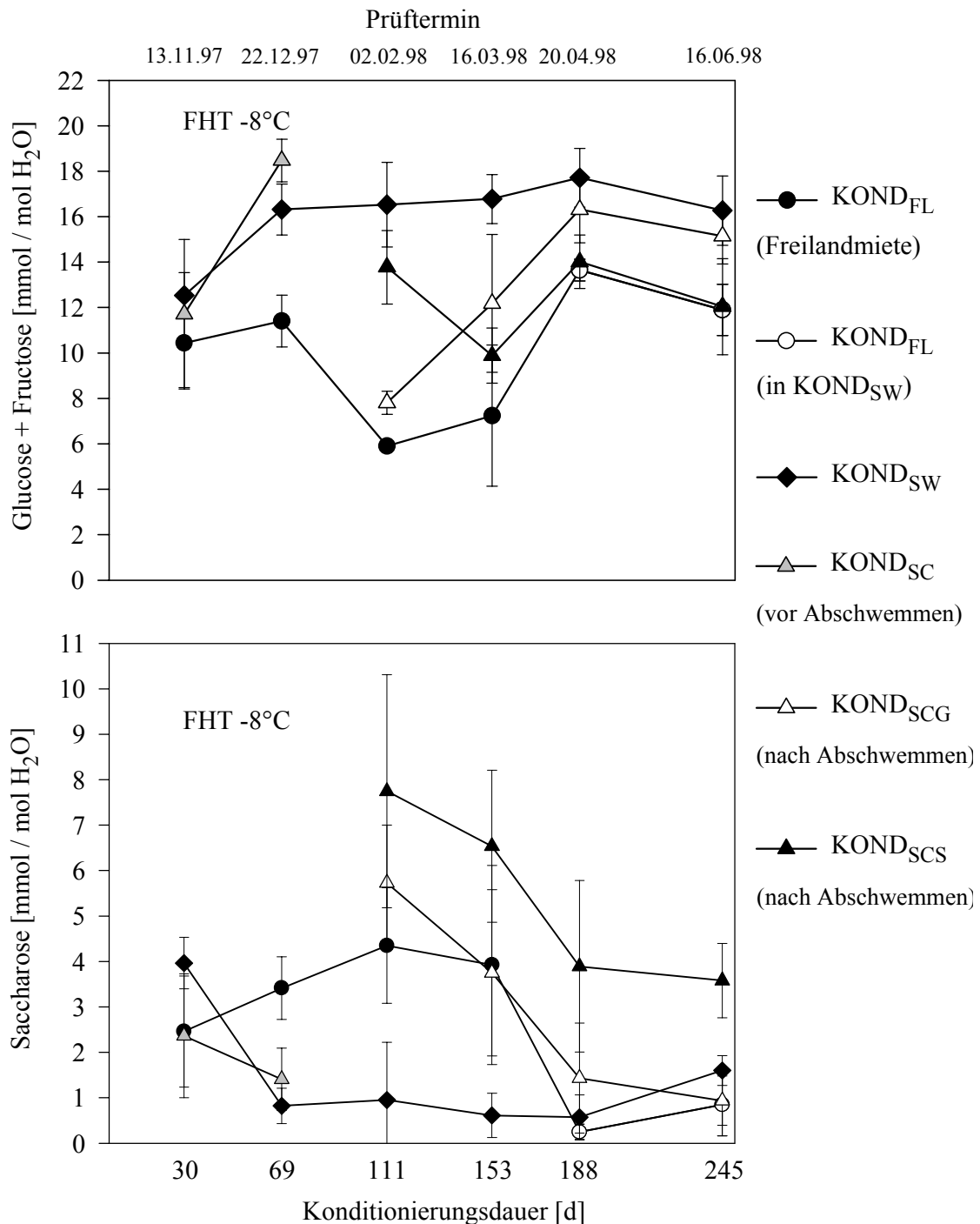


Abb. 28: Glucose + Fructose und Saccharose im Zellsaft potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus unterschiedlichen Konditionierungslägern nach Frosthärtetests bei  $-8^{\circ}\text{C}$ , 1997 / 1998.

Zurück zu S. 94 oben, 94 unten, 150, 166

Tab. 10: Glucose + Fructose-Konzentration im Zellsaft [mmol / mol H<sub>2</sub>O] potentiell vitaler, erfrorener und vertrockneter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' nach -8°C FHTs, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 95, 98, 150

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
<b>Glucose + Fructose [mmol / mol H<sub>2</sub>O]</b>	v FL e t	10,4 ± 2,0	11,4 ± 1,1	5,9 ± 0,1	7,2 ± 3,1	13,6 ± 0,5	11,9 ± 1,1
		10,1 ± 0,8	11,0 ± 1,2	6,2 ± 0,9	9,0 ± 0,7	9,5 ± 0,5	10,7 ± 0,6 9,8 ± 0,7
	v SW e t	12,5 ± 1,0	16,3 ± 1,1	16,5 ± 1,9	16,8 ± 1,1	17,7 ± 1,3	16,3 ± 1,5
		15,7 ± 1,6	15,2 ± 2,2	17,1 ± 1,7	15,8 ± 1,3 20,6	14,3 ± 1,3 19,7 ± 3,7	11,9 ± 2,7 20,8 ± 0,5
	v SC(G) e t	11,7 ± 3,3	18,5 ± 0,9	7,8 ± 0,5	12,2 ± 3,0	16,3 ± 1,5	15,1 ± 1,2
		11,4 ± 1,6	20,5 ± 1,8	16,2 ± 1,0	13,9 ± 0,3	13,8 ± 1,1 11,9 ± 2,5	11,0 ± 1,7 17,9 ± 1,5
	v SC(S) e t	11,7 ± 3,3	18,5 ± 0,9	13,8 ± 1,6	9,9 ± 1,2	14,0 ± 1,2	12,0 ± 2,1
		11,4 ± 1,6	20,5 ± 1,8	25,7 ± 1,6	22,2 ± 1,8	10,4 ± 2,3 21,6 ± 2,4	25,4 ± 3,6

Arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung der Schnitttestboniturklassen potentiell vital (v), erfroren (e) und vertrocknet (t).

Die ermittelten Saccharosegehalte potentiell vitaler Eicheln der Konditionierungskontrollen der KONDFL und KONDSW änderten sich im Versuchsverlauf kaum, während bei den Eicheln der KONDSGS der hohe Saccharosegehalt direkt nach dem Abschwemmen zum vierten Prüftermin hin deutlich abnahm.

Eicheln aus „arider“ Konditionierungslagerung zeichneten sich in der Grundtendenz sowohl in der Embryontrockensubstanz als auch im Zellsaft durch höhere Saccharosegehalte aus als Eicheln aus „humiderer“ Konditionierungslagerung (Abb. 29, S. 97).

Die Saccharosegehalte in der Embryontrockensubstanz folgten insgesamt keinem eindeutigen Trend, nach dem potentiell vitale und erfrorene Eicheln der untersuchten Konditionierungsvarianten voneinander unterscheidbar wären. Insbesondere nach -6°C und -8°C FHTs traten bei den Eicheln der „humiden“ KONDFL jedoch z.T. signifikant niedrigere Saccharosegehalte in der Embryontrockensubstanz und im Zellsaft erfrorener Eicheln auf, verglichen mit potentiell vitalen Eicheln der entsprechenden Stichprobe (Tab. 11, S. 98; Anhang 1, Tab. 36, S. 227).

Die vertrockneten Eicheln der KONDFL, KONDSW und KONDSGS zeichneten sich überwiegend durch signifikant höhere Saccharosegehalte in ihrer Trockensubstanz und



im Zellsaft aus als die potentiell vitalen Eicheln der jeweiligen Stichprobe (Anhang 1, Tab. 35, S. 226; Tab. 45, S. 236; Tab. 54, S. 245).

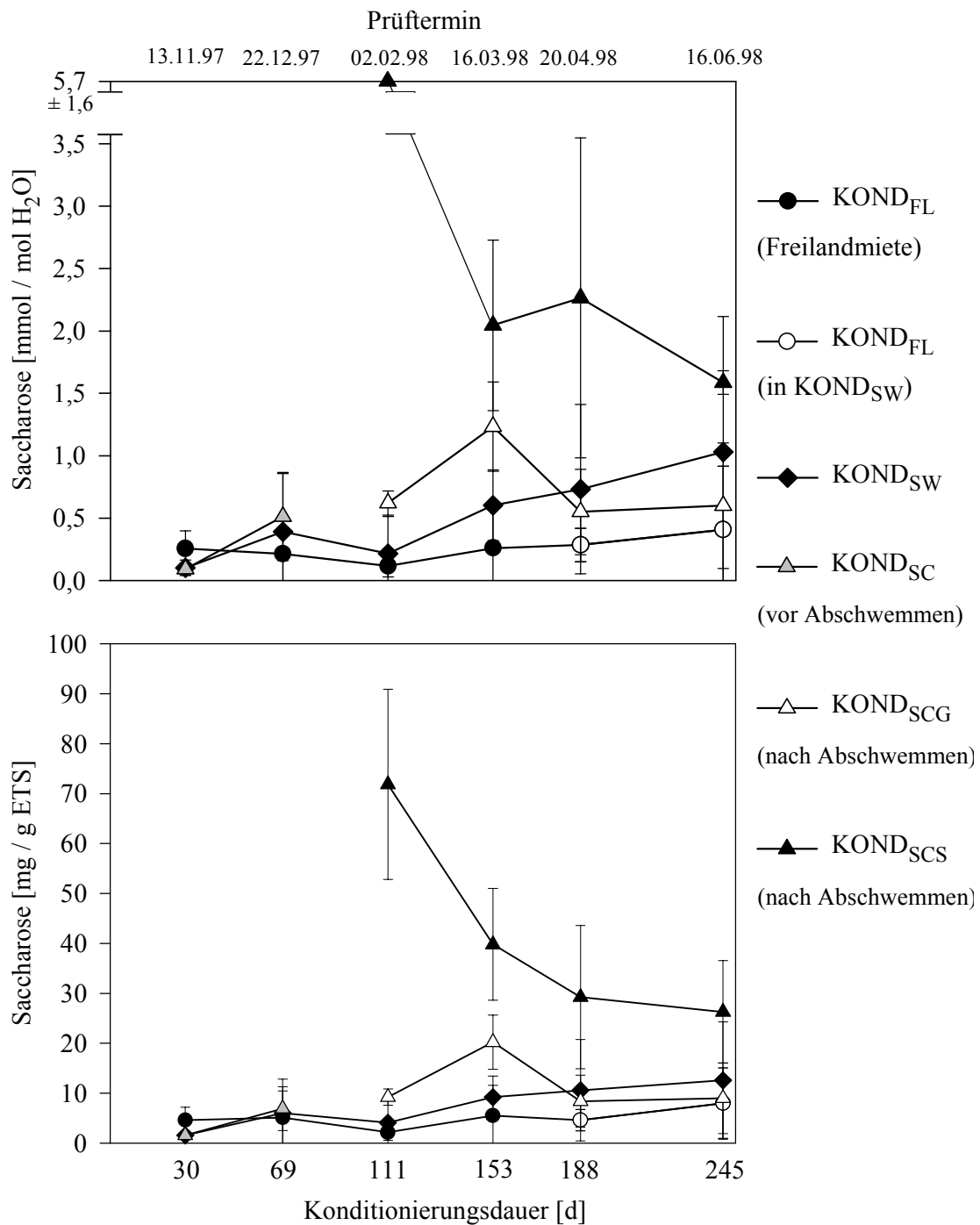


Abb. 29: Entwicklung des Saccharosegehaltes im Zellsaft und in der Embryonentrockensubstanz im Verlauf der Konditionierungslagerung mit unterschiedlichen Konditionierungsmethoden bei potentiell vitalen Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn', 1997 / 1998.

Zurück zu S. 96

Bei den im Vergleich der Varianten am stärksten durch Austrocknung betroffenen Eicheln der  $KOND_{SCS}$  zeigte sich ein gegenteiliges Bild. Die potentiell vitalen Eicheln wiesen vom dritten bis letzten Prüftermin meistens z.T. signifikant höhere Saccharosegehalte in ihrer Embryontrockensubstanz auf als vertrocknete Eicheln der jeweiligen Stichprobe, was sich z.T. in der Konzentration im Zellsaft widerspiegelt (Tab. 11, S. 98; Anhang 1, Tab. 63, S. 254).

Gleichzeitig fielen die Glucose- und Fructosegehalte in der Embryontrockensubstanz vertrockneter Eicheln in der Zeit von dritten bis fünften Prüftermin zumindest tendenziell höher aus als bei den potentiell vitalen Eicheln. Im Zellsaft kam es im Zuge der Austrocknung zu einer deutlichen Anreicherung von Glucose und Fructose (Tab. 10, S. 96; Anhang 1, Tab. 61; S. 252; Tab. 62, S. 253).

Tab. 11: Saccharosekonzentration im Zellsaft [mmol / mol H<sub>2</sub>O] potentiell vitaler, erfrorener und vertrockneter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' nach -8°C FHTs, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 96, 98, 150

		<b>Prüftermin</b>						
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>						
		30	69	111	153	188	245	
<b>Saccharose [mmol / mol H<sub>2</sub>O]</b>	FL	v	2,5 ± 1,2	3,4 ± 0,7	4,4 ± 1,3	3,9 ± 2,2	0,2 ± 0,2	0,9 ± 0,7
		e	0,1 ± 0,1	0,1 ± 0,1	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,5 ± 0,5
		t						7,8 ± 0,3
	SW	v	4,0 ± 0,6	0,8 ± 0,4	1,0 ± 1,3	0,6 ± 0,5	0,6 ± 0,5	1,6 ± 0,3
		e	0,5 ± 0,4	0,3 ± 0,2	0,1 ± 0,1	0,4 ± 0,2	2,1 ± 1,9	2,5 ± 0,8
		t				3,0	4,0 ± 0,9	4,7 ± 1,7
	SC(G)	v	2,4 ± 1,4	1,4 ± 0,7	5,7 ± 1,3	3,8 ± 1,8	1,4 ± 1,2	0,9 ± 0,5
		e	0,2 ± 0,1		0,5 ± 0,3	0,2 ± 0,1	1,5 ± 0,8	0,4 ± 0,1
		t		3,6 ± 1,9			8,0 ± 3,9	7,8 ± 3,5
	SC(S)	v	2,4 ± 1,4	1,4 ± 0,7	7,7 ± 2,6	6,5 ± 1,7	3,9 ± 1,9	3,6 ± 0,8
		e	0,2 ± 0,1				0,7 ± 0,5	
		t		3,6 ± 1,9	2,9 ± 0,3	0,8 ± 0,2	3,3 ± 1,3	2,9 ± 0,7

Arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung der Schnitttestboniturklassen potentiell vital (v), erfroren (e) und vertrocknet (t).

Während im Versuchsverlauf der Embryonenwassergehalt [% EFS] und der Gesamtzuckeranteil [mg/g ETS] bei allen untersuchten Konditionierungsvarianten einem abnehmenden Trend folgten, nahm der Stärkeanteil an der Embryontrockensubstanz [mg/g ETS] während der Dauer der Konditionierungslagerung bei den potentiell vitalen Eicheln aller diesbezüglich untersuchten Konditionierungsvarianten [ $KOND_{FL}$ ,  $KOND_{SW}$ ,

KOND<sub>SCG</sub>] zu. Bei den Eicheln der KOND<sub>SC</sub> wurden vom ersten zum zweiten Prüftermin abnehmende Gehalte gemessen (Abb. 30, S. 99).

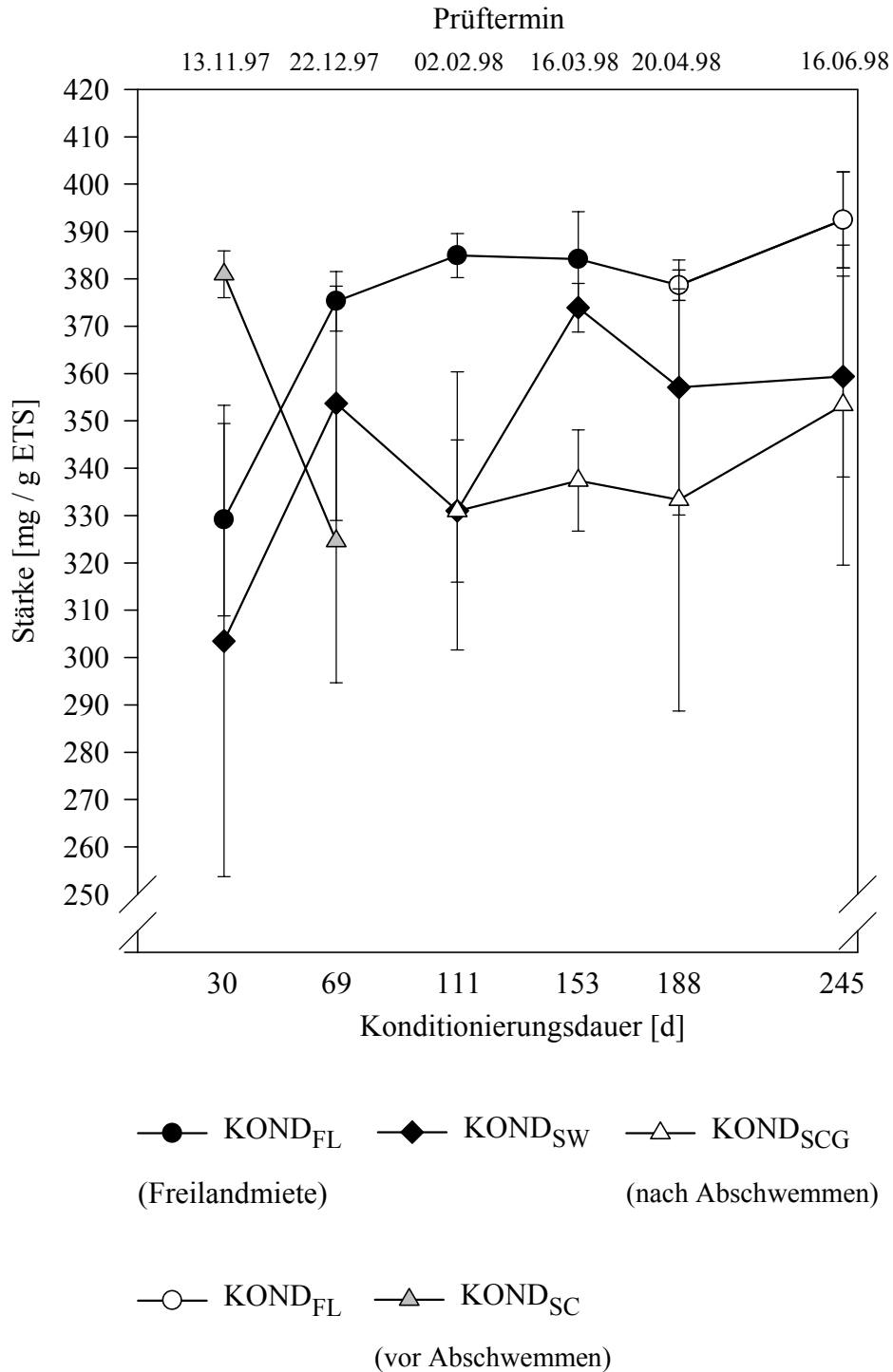


Abb. 30: Entwicklung des Stärkegehaltes in der Embryontrockensubstanz der Konditionierungskontrollen im Verlauf der Konditionierungslagerung mit unterschiedlichen Konditionierungsmethoden bei potentiell vitalen Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn', 1997 / 1998.

Zurück zu S. 99, 100 oben, 100 unten, 179

Über die Zeit erwiesen sich dabei die Mittelwertunterschiede bei den Eichel­n der  $KOND_{FL}$  und  $KOND_{SW}$  zwischen dem ersten Prüftermin nach 30 Tagen und dem letzten Prüftermin nach 245 Tagen Konditionierungsdauer z.T. als signifikant (Anhang 1, Tab. 37, S. 228; Tab. 46, S. 237).

Innerhalb der Varianten konnten die vorgefundenen Mittelwertunterschiede bei potentiell vitalen Eichel­n zwischen den Behandlungen eines jeweiligen Prüftermins statistisch nicht abgesichert werden (Anhang 1, Tab. 40, S. 231; Tab. 49, S. 240; Tab. 58, S. 249).

Beim Vergleich der Varianten untereinander fiel auf, dass die potentiell vitalen Eichel­n der  $KOND_{FL}$  ab dem zweiten Prüftermin nach 69 Tagen Konditionierungsdauer häufig höhere Stärkegehalte in ihrer Embryontrockensubstanz aufwiesen, als die Eichel­n der Klimakammervarianten  $KOND_{SW}$  und  $KOND_{SCG}$ . Von letzteren unterschieden sich die potentiell vitalen Eichel­n der  $KOND_{FL}$  häufig signifikant (Abb. 30, S. 99; Anhang 1, Tab. 30, S. 221).

Die potentiell vitalen Eichel­n der  $KOND_{SCG}$  unterschieden sich ab dem zweiten Prüftermin durch zumindest tendenziell niedrigere Stärkegehalte von den potentiell vitalen Eichel­n der  $KOND_{SW}$ . Am ersten Prüftermin nach 30 Tagen Konditionierungsdauer wiesen sie jedoch signifikant höhere Stärkegehalte auf als die potentiell vitalen Eichel­n der  $KOND_{FL}$  und  $KOND_{SW}$  (Abb. 30, S. 99; Anhang 1, Tab. 30, S. 221).

Der Vergleich der Stärkegehalte in der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler vs. erfrorener und vertrockneter Eichel­n der untersuchten Konditionierungsvarianten  $KOND_{FL}$ ,  $KOND_{SW}$  und  $KOND_{SCG}$  zeigte, dass sowohl erfrorene als auch vertrocknete Eichel­n z.T. signifikant höhere Stärkegehalte aufwiesen als sie in potentiell vitalen Eichel­n vorgefunden wurden (Anhang 1, Tab. 37, S. 228; Tab. 46, S. 237; Tab. 55, S. 246).

### **3.2. Einfluss unterschiedlicher Klimaführung auf die Frosthärteentwicklung bei Eicheln in Klimakammern unter Tag / Nacht Wechseltemperaturbedingungen**

Nachdem in den vorhergehenden Kapiteln der Zyklus von Auf- und Abbau der Frosthärte bei Konditionierung mit unterschiedlichen Methoden beschrieben wurde, soll im Folgenden geschildert werden, wie sich Unterschiede der Klimaführung (unterschiedliche Temperaturführung im Tag / Nacht-Wechsel mit direkter Wirkung auf die Luftfeuchtigkeit im Lagerraum, Kap. 2.2, S. 45) in den Konditionierungslägern bei Konditionierung unter Tag / Nacht Wechseltemperaturbedingungen für das Aufrechterhalten der Vitalität und die Frosthärteentwicklung auswirken. Die eingestellten Klimate lassen sich nach ihrer Luftfeuchtigkeit als „humid“ (Variante 3), „mittel“ (Variante 1) und als „arid“ (Variante 2) charakterisieren, mit sinkender Temperatur von Variante 3 über Variante 1 nach Variante 2 (Abb. 5, S. 46; Tab. 2, S. 46)

Aufgrund der schwachen Keimergebnisse im Keimtest (Anhang 2, Tab. 70, S. 261), werden im Folgenden die um den biotisch-pathogen geschädigten Stichprobenanteil (sichtbare Pilz- und Fraßschäden, Tab. 4, S. 55) bereinigten Schnitttestergebnisse dargestellt ( $S\%_{\text{kor.}}$ ).

Das Saatgut von *Quercus robur* 'Elmstein' durchlief, gemessen an den Kriterien des Schnitttestes, in allen drei Konditionierungsvarianten des Versuchsjahres 1996/1997 eine Phase der Abhärtung bis zu einem Frosthärtemaximum und unter den Bedingungen der „humiden“ Varianten 1 und 3 eine anschließende Phase der Enthärtung.

Das Ausmaß der Abhärtung, die Persistenz der erreichten Frosthärte und der Grad der anschließenden Enthärtung sowie eine teilweise Rückhärtung waren offenbar abhängig von den klimatischen Bedingungen während der Konditionierungslagerung, was sich insbesondere im Anschluss an die  $-6^{\circ}\text{C}$  und  $-8^{\circ}\text{C}$  FHTs im Schnitttest zeigte (Abb. 31, S. 103).

Die Aufspaltung der gesamten Populationsstichprobe direkt im Anschluss an den ersten Prüftermin nach 13 Tagen Konditionierungsdauer (04.11.96) führte schon am zweiten Prüftermin (02.12.96) nach 41 Tagen Konditionierungsdauer zu einem signifikanten Unterschied in der potentiellen Vitalität der Eicheln der Varianten 1 und 2 gegenüber

denen der Variante 3. Das untersuchte Saatgut der Varianten 1 und 2 war in seiner potentiellen Vitalität weder nach dem  $-6^{\circ}\text{C}$  (97% und 93%  $\text{ST}_{\text{kor.}}$ ) noch nach dem  $-8^{\circ}\text{C}$  FHT (42% und 29%  $\text{ST}_{\text{kor.}}$ ) statistisch voneinander zu unterscheiden. Die Eicheln beider Varianten unterschieden sich jedoch in der Beurteilung ihrer potentiellen Vitalität signifikant von den Eicheln der Variante 3 im Anschluss an den  $-6^{\circ}\text{C}$  (79%  $\text{ST}_{\text{kor.}}$ ) und  $-8^{\circ}\text{C}$  FHT (15%  $\text{ST}_{\text{kor.}}$ , Abb. 31, S. 103).

Im weiteren Versuchsverlauf konnte am Saatgut der Konditionierungsvariante 2 ab dem vierten Testtermin nach 97 Tagen Konditionierungsdauer (27.01.97) durchgehend eine 100%ige potentielle Vitalität nach den  $-6^{\circ}\text{C}$  FHTs bonitiert werden, während die Eicheln der Varianten 1 und 3 zeitlich verzögert und in graduell unterschiedlich starker Ausprägung ihre an vorherigen Prüfterminen vorgefundene Frosthärte gegen  $-6^{\circ}\text{C}$  verloren.

Am Saatgut der Variante 3 konnte nach 97 Tagen Konditionierungslagerung der Beginn einer signifikanten Abnahme der potentiellen Vitalität von 87% (30.12.96) auf schließlich 9%  $\text{ST}_{\text{kor.}}$  am 24.02.97 beobachtet werden. An den Eicheln der Variante 1 zeigte sich dieser Vorgang in deutlich abgeschwächter Form durch eine signifikante Abnahme der Frosthärte von 100%  $\text{ST}_{\text{kor.}}$  nach 97 Tagen (27.01.97) auf 71%  $\text{ST}_{\text{kor.}}$  nach 125 Tagen Konditionierungslagerung (24.02.97).

Bei den Eicheln der Konditionierungsvarianten 1 und 3 konnte im Anschluss an den Frosthärteverlust eine Rückhärtung beobachtet werden, welche bei denen der Variante 1 zu einem signifikanten Wiederanstieg der potentiellen Vitalität auf 95%  $\text{ST}_{\text{kor.}}$  und bei den Eicheln der Variante 3 auf 38%  $\text{ST}_{\text{kor.}}$  am letzten Prüftermin nach 181 Tagen Konditionierungsdauer führte.

Gegen die Prüftemperatur  $-8^{\circ}\text{C}$  wurde in entsprechender Weise eine im Schnitttest bonitierte Frosthärte auf- aber auch wieder abgebaut. Im Vergleich der Varianten zeigt sich, dass die Eicheln der Varianten 1 und 2 am Höhepunkt ihrer Frosthärte am 27.01.97 nach 97 Tagen Konditionierungsdauer mit 95% und 88%  $\text{ST}_{\text{kor.}}$  zum einen statistisch nicht voneinander zu unterscheiden waren und zum anderen ein signifikant höheres Frosthärteniveau erreichten als die Eicheln der Variante 3 an ihrem Frosthärtemaximum mit 32%  $\text{ST}_{\text{kor.}}$  zum gleichen Zeitpunkt.

Eine signifikante Enthärtung gegen die im FHT angelegten  $-8^{\circ}\text{C}$  war nach 125 Tagen Konditionierungsdauer beim Saatgut der Varianten 1 und 3 zu beobachten, während die

tendenzielle Abnahme der potentiellen Vitalität bei den Eicheln der Variante 2 nicht statistisch gesichert werden konnte.

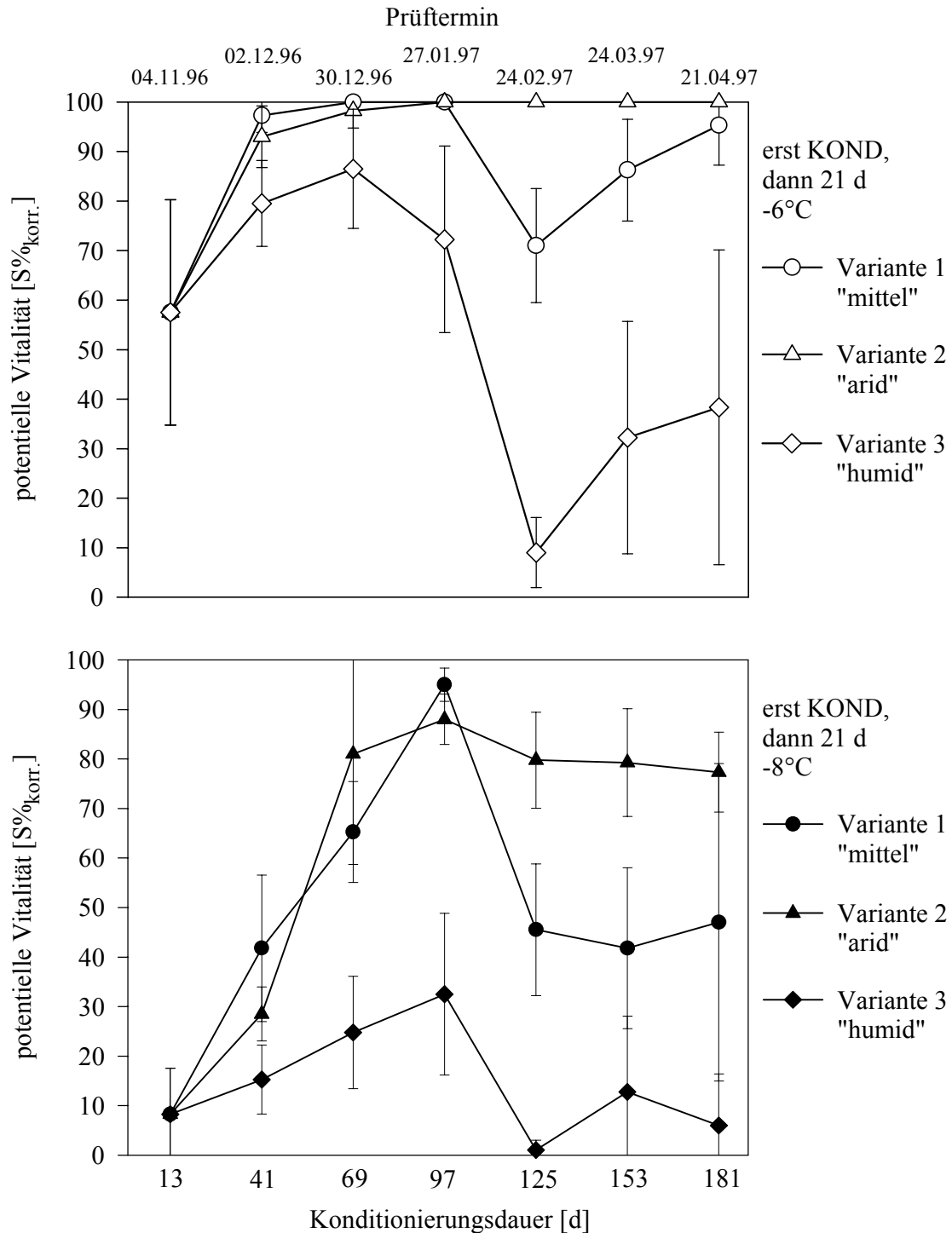


Abb. 31: Entwicklung der **potentiellen Vitalität** bei Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' gegen -6°C und -8°C, bonitiert nach 21 tägigen FHTs, welche sich an eine Konditionierung bei unterschiedlicher Klimaführung in drei Varianten anschlossen, 1996 / 1997.

Eine signifikante Rückhärtung gegen  $-8^{\circ}\text{C}$  konnte nur bei den Eicheln der Variante 3 beobachtet werden (Abb. 31, S. 103).

Tab. 12: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede der **potentiellen Vitalität** nach FHTs bei Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein', Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SW</sub>** in drei Klimaführungsvarianten, 1996 / 1997.

		Prüftermin							
		04.11.96	02.12.96	30.12.96	27.01.97	24.02.97	24.03.97	21.04.97	
		Konditionierungsdauer [d]							
		13	41	69	97	125	153	181	
Vitalität [S% <sub>korrr.</sub> ]	$-6^{\circ}\text{C}$	Var. 1		97 ± 3	100 ± 0	100 ± 0	71 ± 12	86 ± 10	95 ± 8
		Var. 2	57 ± 23	93 ± 6	98 ± 3	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0
		Var. 3		79 ± 8	87 ± 12	72 ± 19	9 ± 7	32 ± 23	38 ± 32
	$-8^{\circ}\text{C}$	Var. 1		42 ± 15	65 ± 10	95 ± 3	45 ± 13	42 ± 16	47 ± 32
		Var. 2	8 ± 9	29 ± 5	81 ± 22	88 ± 5	80 ± 10	79 ± 11	77 ± 8
		Var. 3		15 ± 7	25 ± 12	32 ± 17	1 ± 2	13 ± 15	6 ± 10
Var. 1 vs. 2 vs. 3	$-6^{\circ}\text{C}$	Var. 1		B	B	B	B	B	B
		Var. 2		B	B	B	C	C	B
		Var. 3		A	A	A	A	A	A
	$-8^{\circ}\text{C}$	Var. 1		B	B	B	B	B	B
		Var. 2		B	C	B	C	C	C
		Var. 3		A	A	A	A	A	A

$\chi^2$ -Test, Fisher's Exact Test zweiseitig,  $p \leq 0,05$ ,

n je Variante/Behandlung wie in den Anhangstabellen XY – XY angegeben,

arithmetisches Mittel der um den Pathogenbefall korrigierten Schnitttestergebnisse (gerundet) ± Standardabweichung, wobei S%<sub>korrr.</sub> bestimmt wird nach der Formel

$$S\%_{\text{korrr.}} = \frac{(\text{Stichprobe} - \text{Anteil biotisch geschädigt}) - \text{Anteil erfroren}}{(\text{Stichprobe} - \text{Anteil biotisch geschädigt})} * 100.$$

Signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Varianten sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, die Daten des ersten Prüftermins beschreiben die Ausgangspopulation vor Aufgliederung in die beschriebenen Varianten.

### 3.2.1. Veränderungen der untersuchten Stoffwechselmerkmale

#### 3.2.1.1. Embryonenwassergehalt

Gemeinsam mit den in Schnitttests festgestellten unterschiedlichen Effekten auf die Entwicklung der Frosthärte unter den unterschiedlichen Klimabedingungen in den Konditionierungsvarianten, ließen sich, vergleichbar mit den in Kap. 3.1.5, S. 77 beschrie-



benen Ergebnissen, unterschiedliche Wassergehalte in den Eicheln der unterschiedlich klimatisierten Konditionierungsläger ermitteln (Abb. 32, S. 105).

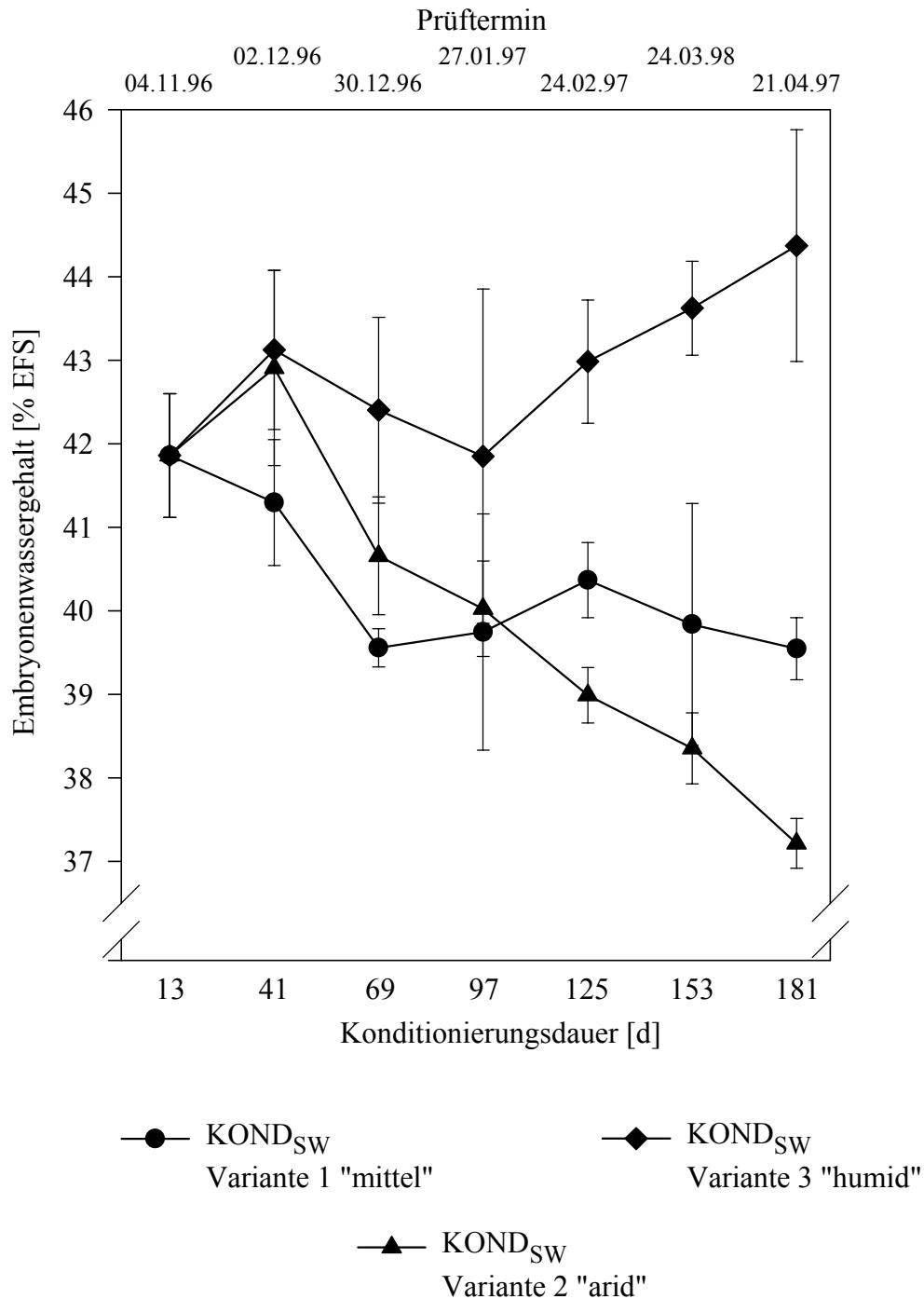


Abb. 32: Entwicklung des Embryonenwassergehaltes in der Frischsubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' während der Konditionierung unter Bedingungen der KOND<sub>SW</sub> in den Konditionierungskontrollen der drei Klimaführungsvarianten, 1996 / 1997.

Zurück zu S. 105, 106, 162, 168

Im Versuchsjahr 1996 / 1997 wurde für die im Schnitttest als besonders frosthart bonitierten Eicheln aus der Konditionierungsvariante 2 bei der Wassergehaltsbestimmung ab 41 Tagen Konditionierungsdauer eine beständige Abnahme des Wassergehaltes in den potentiell vitalen Eicheln festgestellt (Abb. 32, S. 105).

Für die insgesamt etwas weniger frostharten Eicheln der Konditionierungsvariante 1 konnte ebenfalls insgesamt eine Abnahme des Wassergehaltes während der Konditionierung vom ersten bis zum letzten Boniturtermin beobachtet werden.

Die potentiell vitalen Eicheln der Konditionierungsvariante 3 zeigten keine Abnahme des Wassergehaltes in der Embryonenfrischsubstanz. Tendenziell war hier eher eine Zunahme des Wassergehaltes zu beobachten. Die Eicheln dieser Variante wiesen mit einer Ausnahme während der gesamten Versuchsdauer signifikant höhere Embryonenwassergehalte auf als die Eicheln der Varianten 1 und 2.

Die Wassergehaltsbestimmungen an den in FHTs geprüften, während des Schnitttests in die Klassen „potentiell vital“ und „erfroren“ zugeordneten Eicheln zeigten, dass bei den Eicheln der Konditionierungsvariante 1 der niedrigste Embryonenwassergehalt frosthärtegeprüfter, potentiell vitaler Eicheln am vierten Boniturtermin mit dem Moment der ausgeprägtesten Frosthärte auftrat, während die anschließende Zunahme des Wassergehaltes von einem am fünften Boniturtermin festgestellten Verlust der Frosthärte, insbesondere bei den bei  $-6^{\circ}\text{C}$  und  $-8^{\circ}\text{C}$  frosthärtegeprüften Eicheln begleitet wurde.

Die frosthärtegeprüften, potentiell vitalen Eicheln aus der Konditionierungsvariante 3 zeigten bei der Entwicklung ihres Embryonenwassergehaltes eine in ihrem Verlauf ähnliche Rhythmik wie die Eicheln der Konditionierungsvariante 1, jedoch auf höherem Wassergehaltsniveau. Auch hier war dieses Zusammenspiel zwischen Wassergehaltsentwicklung und begleitender Frosthärte zu beobachten (Abb. 33, S. 107; Abb. 31, S. 103).

Die bei den Eicheln der Konditionierungsvariante 3, z.T. auch bei denen der Konditionierungsvariante 1, beim Vergleich der Behandlungen  $-4^{\circ}\text{C}$  und  $-6^{\circ}\text{C}$  gegen  $-8^{\circ}\text{C}$  als schwache Tendenz vorgefundene Abstufung des Wassergehaltes entlang der angewandten Frosttemperaturen in den potentiell vitalen Eicheln (Abb. 33, S. 107), konnte als ein Zusammenhang zwischen dem Wassergehalt potentiell vitaler Eicheln und der im FHT angelegten Frosttemperatur statistisch nicht abgesichert werden (Anhang 2; Tab. 79, S. 270; Tab. 85, S. 276; Tab. 91, S. 282).

Bei den Eicheln der „arideren“ Konditionierungsvariante 2 waren Tendenzen dieser Abstufung ab dem dritten Prüftermin nach 69 Tagen Konditionierungsdauer praktisch nicht mehr feststellbar (Abb. 33, S. 107).

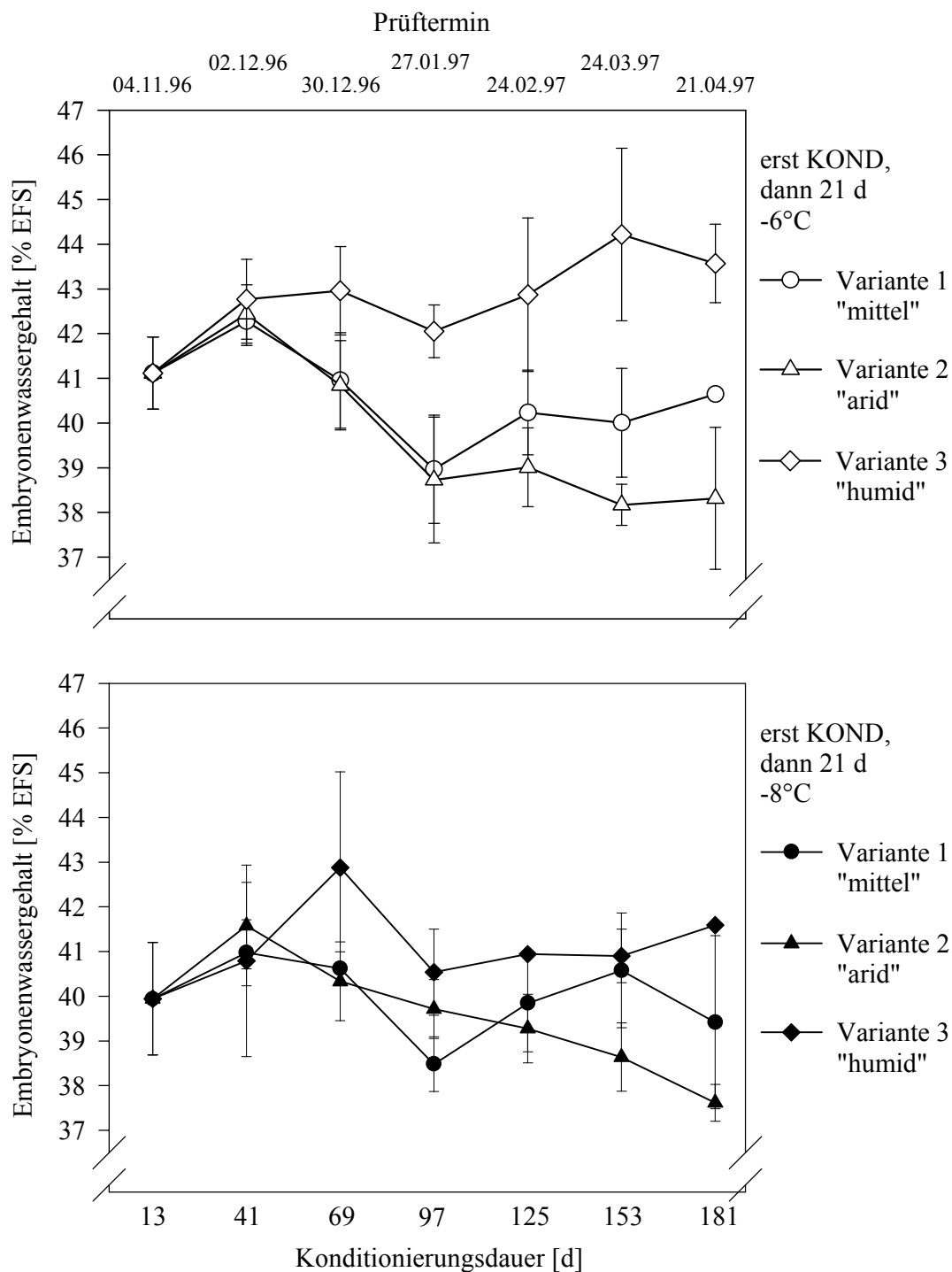


Abb. 33: Embryonenwassergehalte in der Frischsubstanz frosthärtegeprüfter potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' nach Konditionierung unter Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> in drei Klimaführungsvarianten, 1996 / 1997.

Ein Vergleich des Wassergehaltes von potentiell vitalen und erfrorenen Eicheln der Konditionierungsvarianten zeigte wohl in einigen Stichproben einen z.T. deutlich erhöhten Wassergehalt bei den erfrorenen Eicheln gegenüber den potentiell vitalen Eicheln, eine statistische Absicherung der Ergebnisse war jedoch nur in Einzelfällen möglich (Anhang 2; Tab. 79, S. 270; Tab. 85, S. 276; Tab. 91, S. 282).

Die im Schnitttest bonitierten Eicheln der Konditionierungsvariante 2 der Prüftermine 5 und 6 nach 125 bzw. 153 Tagen Konditionierungsdauer geben mit ihren niedrigen Wassergehalten Hinweise auf im Schnitttest nicht festgestellte Trocknungsschäden.

### **3.2.1.2. Zucker und Stärke**

Nach Aufteilung des Lagerbestandes von *Quercus robur* 'Elmstein' des Versuchsjahres 1996 / 1997 konnten parallel zur unterschiedlichen Wassergehaltsentwicklung Unterschiede im Kohlenhydratstoffwechsel beobachtet werden.

Gemeinsam war den Eicheln aller Varianten, dass zwischen den in der Embryontrockensubstanz ermittelten Zuckergehalten [mg / g ETS] und den errechneten Zuckerkonzentrationen im Zellsaft [mmol / mol H<sub>2</sub>O] eine enge Korrelation bestand. Diese trat bei den „humideren“ Varianten 1 und 3 jedoch deutlich stärker auf als bei den Eicheln der „ariden“ Variante 2 (Abb. 34, S. 109; Anhang 2, Tab. 78, S. 269). Die Hexosen Glucose und Fructose bildeten den größeren Anteil am Gesamtzuckergehalt gegenüber der Saccharose.

Im Verlauf der Konditionierungslagerung nahm der Glucosegehalt stärker ab als der Fructosegehalt, wobei sich das Glucose : Fructose-Verhältnis in den potentiell vitalen Eicheln der Konditionierungskontrollen aller Varianten annähernd gleich entwickelte. Der Anteil der Saccharose nahm gegenüber Glucose und Fructose zu, am stärksten bei den Eicheln der Konditionierungskontrollen der „ariden“ KONDSW Variante 2 und am geringsten bei den Eicheln der „humiden“ KONDSW Variante 3 (Abb. 35, S. 110).

In den potentiell vitalen Eicheln der Konditionierungskontrollen aller Varianten folgten die Glucose- und Fructosehalte einem abnehmenden Trend (Abb. 36, S. 111), wobei in der analysierten Embryontrockensubstanz signifikant niedrigere Werte am sechsten Prüftermin nach 153 Tagen Konditionierungsdauer gegenüber dem ersten Prüftermin

nach 13 Tagen Konditionierungsdauer gefunden wurden. Die Eicheln der „ariden“ Variante 2 unterschieden sich dabei mehrfach durch signifikant höhere Glucose- und Fructosegehalte von den kaum zu unterscheidenden Eicheln der „humiden“ Variante 3 und Variante 1 (Anhang 2, Tab. 81, S. 272; Tab. 82, S. S 273; Tab. 87, S. 278; Tab. 88, S. 279; Tab. 93, S. 284; Tab. 94, S. 285).

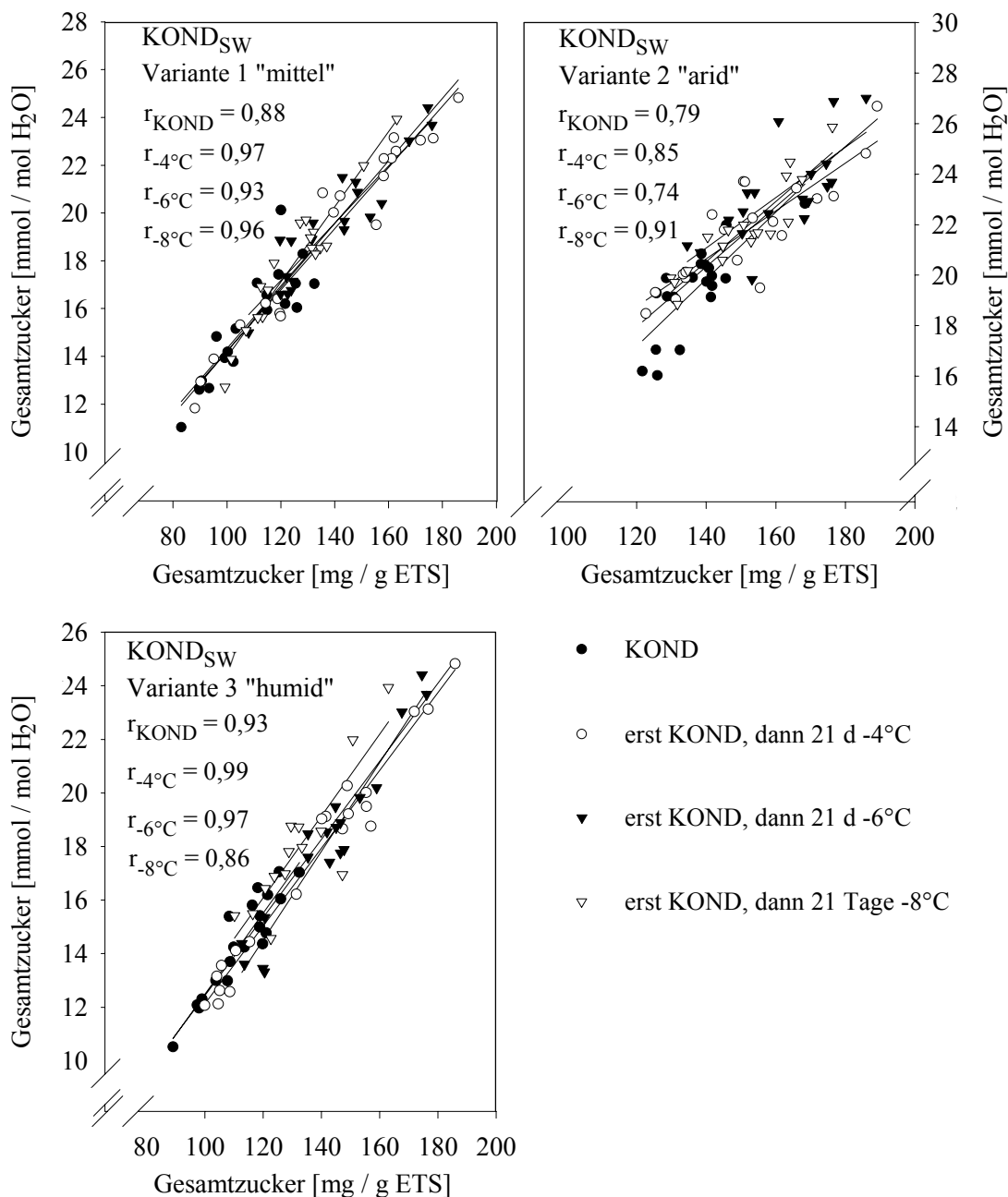


Abb. 34: Korrelation zwischen dem Gesamtzuckergehalt in der Embryontrockensubstanz [mg / g ETS] und dem Zellsaft [mmol / mol H<sub>2</sub>O] bei potentiell vitalen Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein', 1996 / 1997.

Zurück zu S. 108

Im Anschluss an die  $-6^{\circ}\text{C}$  und  $-8^{\circ}\text{C}$  FHTs konnte bei den potentiell vitalen Eicheln der Varianten 1 und 2 in der Zeit von ersten bis zum vierten Prüftermin ein Anstieg der Glucose- und Fructosegehalte beobachtet werden, dem eine stetige Abnahme bis zum sechsten Prüftermin folgte (Abb. 38, S. 113; Anhang 2, Tab. 81, S. 272; Tab. 82, S. 273; Tab. 87, S. 278; Tab. 88, S. 279; Tab. 93, S. 284; Tab. 94, S. 285).

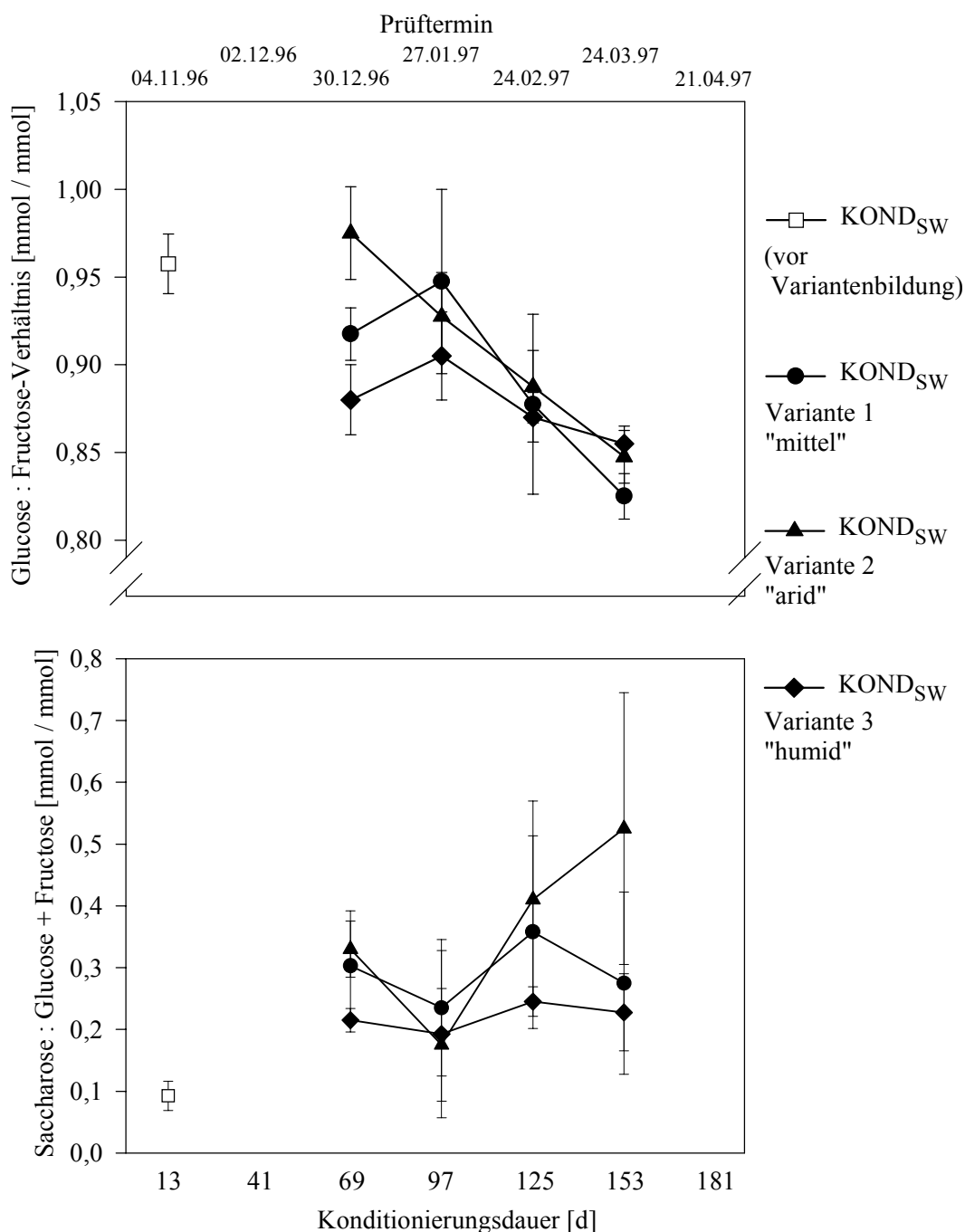


Abb. 35: Relationen der untersuchten Zucker [mmol / mmol] im Zellsaft potentiell vitaler Eicheln der Konditionierungskontrollen von *Quercus robur* 'Elmstein', 1996 / 1997. Zurück zu S. 108

Die potentiell vitalen Eicheln der „humiden“ Variante 3 zeigten prinzipiell ein ähnliches Bild mit dem Unterschied, dass die Abnahme des Glucose- und Fructosegehaltes vom vierten zum fünften Prüftermin insbesondere bei den potentiell vitalen Eicheln der  $-8^{\circ}\text{C}$  FHT vergleichsweise stärker ausfiel und von einem Wiederanstieg gefolgt wurde.

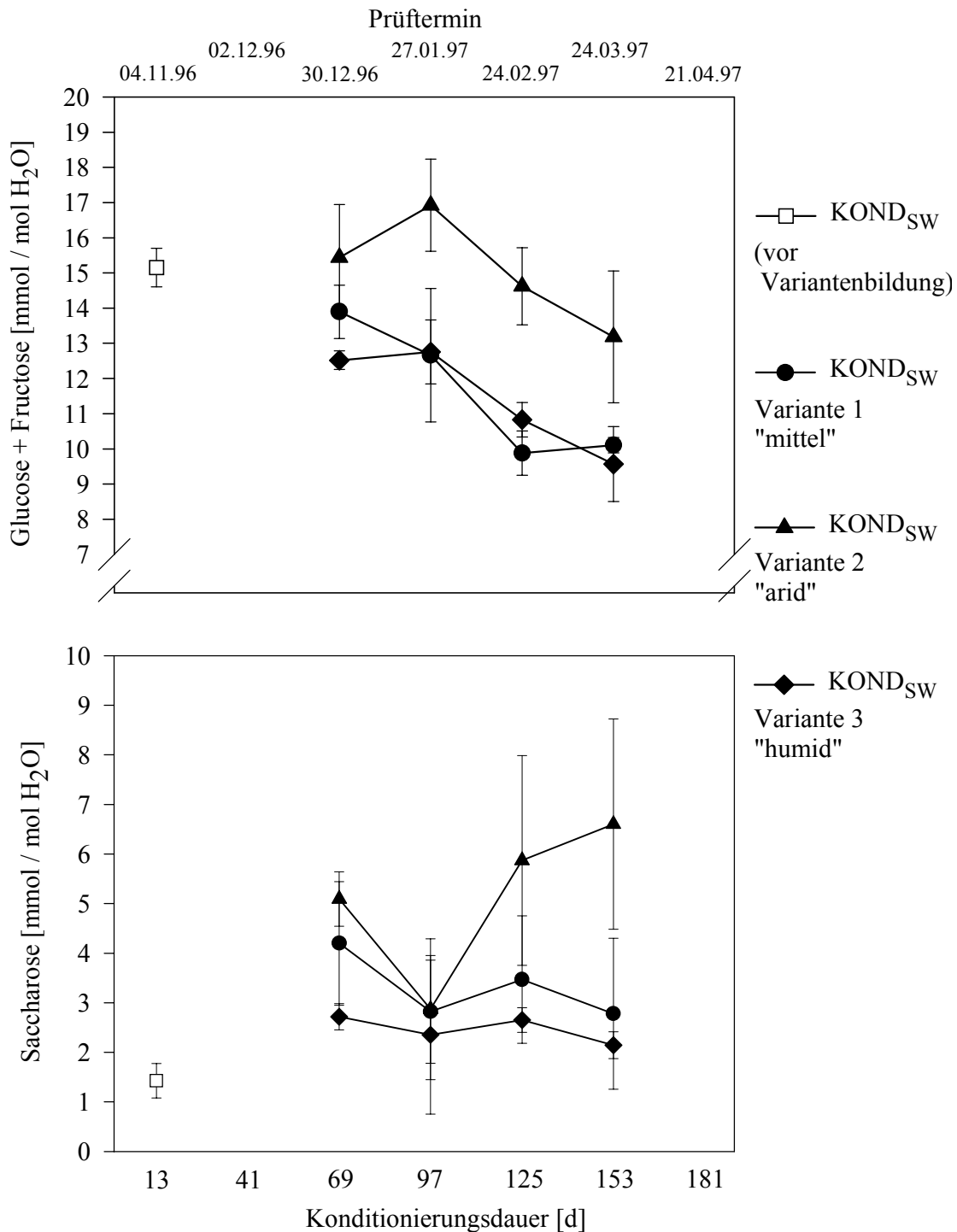


Abb. 36: Entwicklung der Zuckergehalte im Zellsaft [mmol / mol H<sub>2</sub>O] potentiell vitaler Eicheln der Konditionierungskontrollen von *Quercus robur* 'Elmstein', 1996 / 1997. Zurück zu S. 108

Die potentiell vitalen Eicheln des  $-8^{\circ}\text{C}$  FHT der  $\text{KOND}_{\text{SW}}$  Variante 3 zeigten am fünften Prüftermin außerdem ein vergleichsweise weites Glucose : Fructose-Verhältnis (Abb. 37, S. 112).

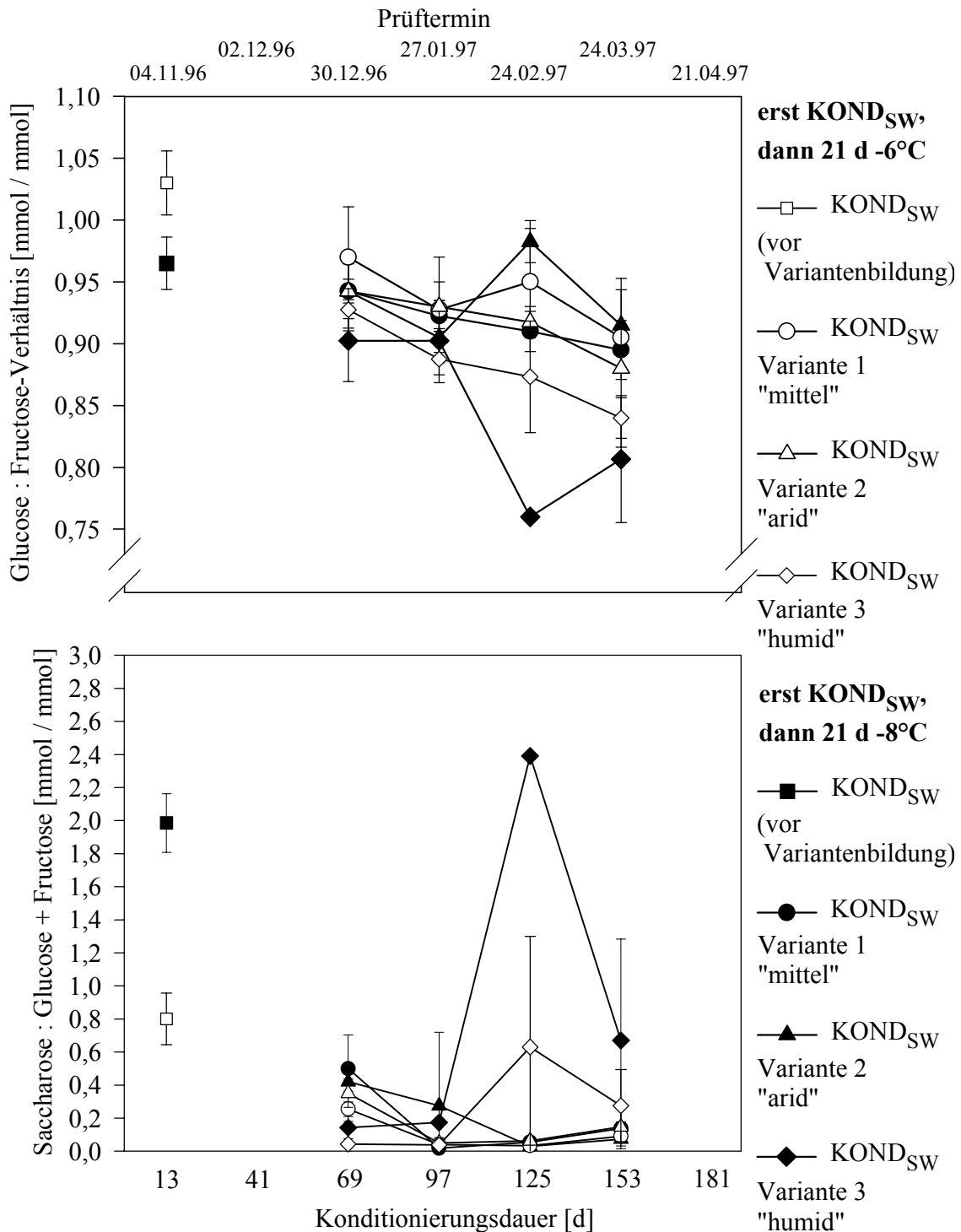


Abb. 37: Relationen der untersuchten Zucker [mmol / mmol] im Zellsaft potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' nach Frosthärtetests, 1996 / 1997.

Zurück zu S. 112, 113, 165



Begleitet wurde diese Entwicklung des Glucose- und Fructosegehaltes bei den potentiell vitalen Eicheln der „humiden“ Variante 3 von einem Peak im Saccharosegehalt am fünften Prüftermin nach den  $-6^{\circ}\text{C}$  und  $-8^{\circ}\text{C}$  FHTs. Dieser verschob das Saccharose : Glucose + Fructose-Verhältnis deutlich zur Saccharose, insbesondere bei den potentiell vitalen Eicheln des  $-8^{\circ}\text{C}$  FHT (Abb. 37, S. 112; Abb. 38, S. 113).

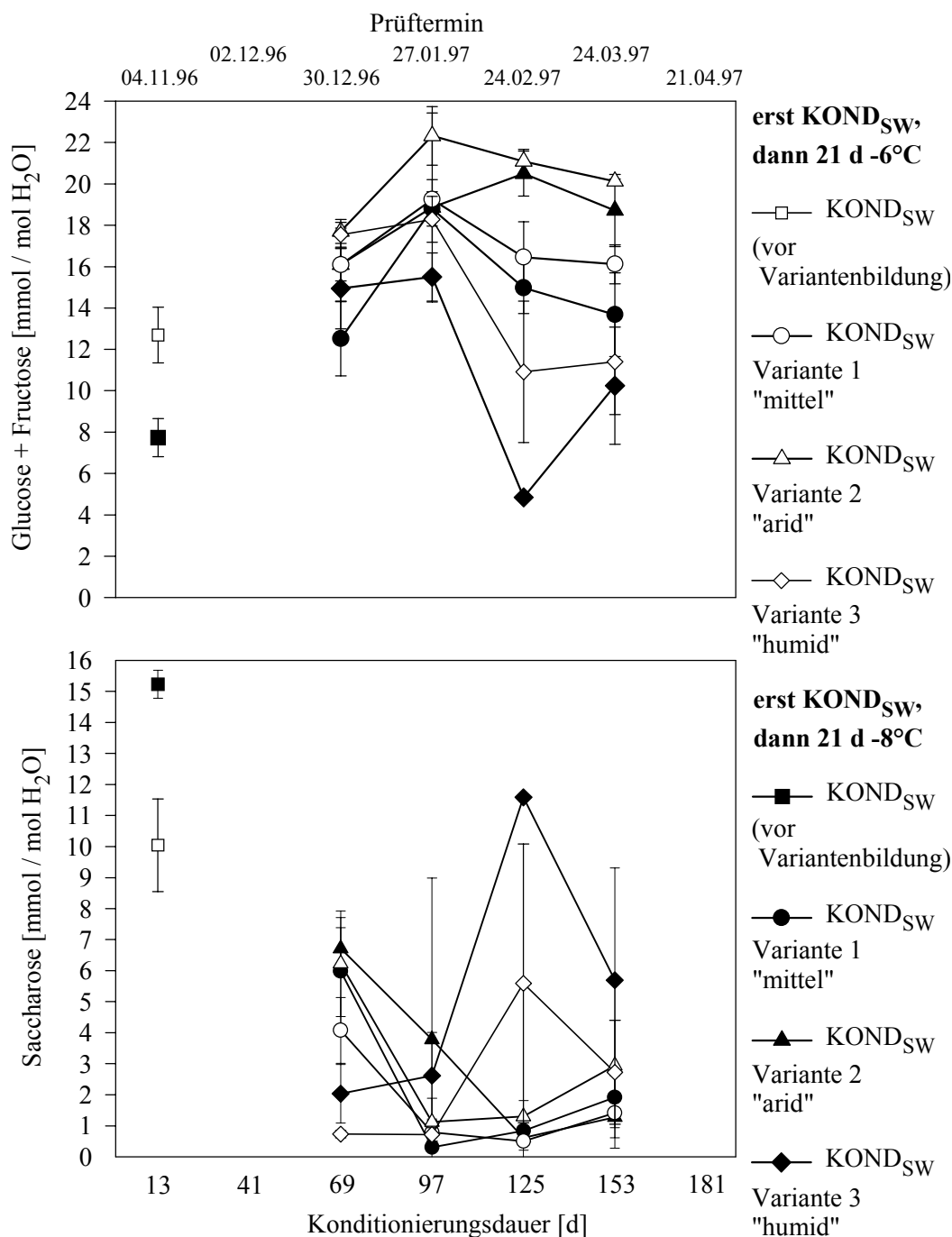


Abb. 38: Zuckergehalte im Zellsaft [mmol / mol H<sub>2</sub>O] potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' nach Frosthärtetests, 1996 / 1997.

Dem Peak im Saccharosegehalt am fünften Prüftermin ging eine Abnahme der ermittelten Saccharosegehalte vom ersten bis zum vierten Prüftermin voraus und schloss sich auch zum sechsten Prüftermin wieder an (Abb. 38, S. 113; Anhang 2, Tab. 95, S. 286, vergl. Kapp. 3.1.5.2., Abb. 27, S. 93 KONDFL).

Bei den potentiell vitalen Eicheln der kälter konditionierten Varianten 1 und 2 konnte dieser Peak im Anschluss an die vorangehende Abnahme der ermittelten Saccharosegehalte nicht beobachtet werden (Abb. 38, S. 113; Anhang 2, Tab. 83, S. 274; Tab. 89, S. 280).

Insbesondere bei den Eicheln der „humiden“ KONDSW Variante 3 konnte beobachtet werden, dass mit zunehmend tieferer überlebter Frosttemperatur die ermittelten Glucose- und Fructosegehalte zu niedrigeren Werten tendierten und die Saccharosegehalte zu höheren Werten als bei schwächeren Frösten (Anhang 2, Tab. 93, S. 284; Tab. 94, S. 285).

Ein Vergleich der Glucose- und Fructose- sowie der Saccharosegehalte in potentiell vitalen und erfrorenen Eicheln zeigt, dass sich die erfrorenen Eicheln insbesondere bei „humider“ Konditionierung nach starkem Froststress ( $-8^{\circ}\text{C}$  FHT) durch überwiegend niedrigere Gehalte dieser Zucker auszeichneten als sie in potentiell vitalen Eicheln der jeweiligen Stichproben vorgefunden wurden.

Im Gegensatz zu den Eicheln der „humiden“ Variante 3 zeigten die erfrorenen Eicheln der „ariden“ Variante 2 vom dritten bis sechsten Prüftermin nach  $-8^{\circ}\text{C}$  FHTs höhere Saccharosegehalte in ihrer Embryontrockensubstanz als die potentiell vitalen Eicheln der jeweiligen Stichprobe.

Fasst man die Einzelzucker zum Gesamtzuckergehalt zusammen so zeigt sich, dass während der Konditionierungslagerung bei den Eicheln aller KONDSW Varianten des Versuchsjahres 1996 / 1997 der Gesamtzuckergehalt in unterschiedlich starkem Ausmaß abnahm, wobei sich die Mittelwertunterschiede des Gehaltes in der Embryontrockensubstanz zwischen dem ersten Prüftermin nach 13 Tagen Konditionierungsdauer und dem sechsten Prüftermin nach 153 Tagen Konditionierungsdauer bei den Varianten 1 und 3 für die Eicheln aller Behandlungen als signifikant erwiesen, bei der Variante 2 traf dies auf die Eicheln der  $-4^{\circ}\text{C}$  und  $-8^{\circ}\text{C}$  FHT-Behandlungen zu.

Die höchsten Gesamtzuckergerhalte wurden während des Zeitraums vom 3. Prüftermin nach 69 Tagen Konditionierungsdauer bis zum sechsten Prüftermin nach 153 Tagen Konditionierungsdauer in der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln der „ariden“ Variante 2 vorgefunden. Bei den Eicheln der Konditionierungskontrolle erwiesen sich die Mittelwertunterschiede zu den an den Eicheln der „humiden“ Varianten 3 und 1 gefundenen Werten als signifikant, während letztere sich statistisch praktisch nicht von einander unterscheiden ließen.

Im Anschluss an FHTs zeigte sich ein entsprechendes Bild, wobei die Mittelwertunterschiede im Gesamtzuckergerhalt zwischen den Eicheln der Variante 2 vs. Variante 1 und 3 nach  $-8^{\circ}\text{C}$  FHTs an drei Prüfterminen signifikant waren (Anhang 2, Tab. 73, S. 264).

Innerhalb der Varianten konnte beobachtet werden, dass in der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln nach einer FHT-Behandlung häufig signifikant höhere Gesamtzuckergerhalte vorlagen als bei den Eicheln der Konditionierungskontrollen. Von der überlebten Froststressbelastung abhängige Unterschiede im Gesamtzuckergerhalt potentiell vitaler Eicheln konnten statistisch jedoch nicht nachgewiesen werden (Anhang 2, Tab. 80, S. 271; Tab. 86, S. 277; Tab. 92, S. 283).

Ein Vergleich der Gesamtzuckergerhalte in der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler und erfrorener Eicheln zeigt, dass sich potentiell vitale Eicheln in allen Konditionierungsvarianten, insbesondere nach  $-6^{\circ}\text{C}$  und  $-8^{\circ}\text{C}$  FHTs im Anschluss an eine humide Konditionierungslagerung, durch z.T. signifikant höhere Gesamtzuckergerhalte von den erfrorenen Eicheln der jeweiligen Stichprobe unterschieden (Anhang 2, Tab. 80, S. 271; Tab. 86, S. 277; Tab. 92, S. 283).

Der Stärkegerhalt in der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln folgte beim Saatgut der Varianten 1 und 2 einem gleichmäßig zunehmenden Trend, während beim Saatgut der Variante 3 der insgesamt über die Zeit zunehmende Trend in den Eicheln der  $-4^{\circ}\text{C}$  und  $-6^{\circ}\text{C}$  FHTs Schwankungen aufwies.

Insbesondere beim Saatgut der Varianten 1 und 3 konnte beobachtet werden, dass sich erfrorene Eicheln durch tendenziell höhere Stärkegerhalte in ihrer Embryontrockensubstanz auswiesen als potentiell vitale Eicheln (Anhang 2, Tab. 84, S. 275; Tab. 90, S. 281; Tab. 96, S. 287).

### 3.3. Zusammenfassung

Die Ergebnisse zeigen, dass sich prinzipiell mit jeder der drei Konditionierungsmethoden  $KOND_{SW}$ ,  $KOND_{SC}$  und  $KOND_{FL}$  und jeder der untersuchten Varianten der  $KOND_{SW}$  eine Abhärtung gegen Frosttemperaturen in den Eicheln induzieren ließ, wobei das Maß der erreichbaren Abhärtung, die Persistenz der erreichten Frosthärte sowie vor allem das Aufrechterhalten der allgemeinen Vitalität ohne bzw. bei nur geringer zusätzlicher Frostbelastung ( $-4^{\circ}C$  FHT) offenbar in hohem Maße von den Klimabedingungen abhängig war.

Die Keim- und Schnitttestergebnisse der Konditionierungskontrollen und der  $-4^{\circ}C$  FHTs waren bei den Eicheln der jeweiligen Konditionierungsmethoden und Varianten häufig nicht von einander zu unterscheiden, die Unterschiede lagen hier überwiegend zwischen den Methoden bzw. den Varianten der  $KOND_{SW}$ .

Das Aufrechterhalten einer hohen allgemeinen Vitalität bei nur geringer Froststressbelastung wurde durch eine „humide“, einen vergleichsweise hohen Embryonenwassergehalt erhaltenden Lageratmosphäre, wie sie in der Freilandmiete ( $KOND_{FL}$  1997 / 1998) mit Temperaturen meistens über dem Gefrierpunkt und der isolierenden, vor Austrocknung schützenden Laubeindeckung herrschte deutlich gefördert. Durch diese Art der Konditionierungslagerung konnten im Versuchsjahr 1997 / 1998 bei Eicheln der Konditionierungskontrolle und den  $-4^{\circ}C$  FHTs während der gesamten 245 tägigen Versuchsdauer Keimergebnisse zwischen 70% und 90% erreicht werden, womit die Ergebnisse in den meisten Fällen signifikant höher ausfielen als bei den Vergleichsmethoden  $KOND_{SW}$  und  $KOND_{SC}$  des gleichen Versuchsjahres, deren Wassergehalte in den Embryonen stärker abnahmen und z.T. signifikant niedriger waren als bei den Eicheln der  $KOND_{FL}$ .

Die Frosthärte gegen  $-6^{\circ}C$  und  $-8^{\circ}C$  war bei den Eicheln, welche in einer humiden, dem rekalkitranen Charakter der Eicheln entgegen kommenden Atmosphäre konditioniert wurden, jedoch vergleichsweise schwach ausgeprägt, die Keim- und Schnitttestergebnisse fielen meistens signifikant niedriger aus als bei den arideren Vergleichsmethoden und Varianten ( $KOND_{FL}$  1997 / 1998, Tab. 9, S. 76,  $KOND_{SW}$  - Variante 3 1996 / 1997, Abb. 31, S. 103).

Bei den Eicheln, welche unter zunehmend kälteren und dadurch ebenfalls arideren Klimabedingungen in Klimakammern konditioniert wurden, ließ sich vergleichsweise schnell eine relativ stark ausgeprägte Abhärtung gegen  $-6^{\circ}C$  und  $-8^{\circ}C$  erzielen, was

durch die starke Zunahme der Keimergebnisse bei den Eicheln der KONDFL 1997 / 1998 nach Überführung von der Freilandmiete in die Klimakammer dokumentiert werden konnte, sowie durch die starken Effekte der arideren Konditionierungsbedingungen auf die im Schnitttest ermittelte Frosthärte der Eicheln aus der Konditionierungsvariante 2 im Versuchsjahr 1996 / 1997.

Durch die Schnitttestergebnisse des Versuchsjahres 1997 / 1998 konnten die „kalten“ und damit „arideren“ Klimabedingungen während der Konditionierungslagerung jedoch auch als ein Faktor ermittelt werden, welcher nicht nur die rasche und tiefe Ausbildung von Frosthärte zur Folge hat, sondern ebenfalls das im Verlauf der Konditionierungslagerung zunehmende Auftreten von Trocknungsschäden verursachte bei gleichzeitigem Rückgang des Auftretens von Frostschäden als Folge einer Eisbildung im Gewebe der Eicheln.

Bei den vergleichsweise wasserreichen Eicheln aus „humiden“ Konditionierungsvarianten ( KONDFL 1997 / 1998 und Variante 3 1996 / 1997) schien das Vermögen tiefere Frosttemperaturen von  $-6^{\circ}\text{C}$  und  $-8^{\circ}\text{C}$  zu überleben zumindest tendenziell mit vergleichsweise niedrigen Wassergehalten in der Frischsubstanz in Verbindung zu stehen. Bei den Eicheln der KONDFL aus dem Versuchsjahr 1997 / 1998 war nach der Überführung der Eicheln von der „humiden“ Freilandmiete in die „aride“ Klimakammer mit der Abnahme des Wassergehaltes eine signifikante Zunahme der Sprossachsenkeimung nach  $-6^{\circ}\text{C}$  und  $-8^{\circ}\text{C}$  FHTs zu verzeichnen, am Versuchsende jedoch auch das Auftreten erster Trocknungsschäden.

Insbesondere bei den Eicheln aus „humiden“ Konditionierungsvarianten zeigte sich außerdem, dass die als potentiell vital bonitierten Eicheln sich häufig durch z.T. signifikant niedrigere Wassergehalte auswiesen als die erfrorenen Eicheln der jeweiligen Stichproben.

Begleitet wurden die hohen Embryonenwassergehalte potentiell vitaler Eicheln aus „humider“ und „wärmerer“ Konditionierungslagerung von vergleichsweise niedrigen Zuckergehalten (KONDFL und KONDS<sub>CG</sub> 1997 / 1998; Variante 1 und 3 1996 / 1997), während die höchsten Zuckergehalte in Eicheln gefunden wurden, welche zeitweise oder über den gesamten Versuchsverlauf (KONDS<sub>C</sub> 1997/ 1998; Variante 2 1996/ 1997) einem „ariden“ Klima mit starkem Trocknungsstress ausgesetzt waren.

Nach FHTs zeichneten sich als potentiell vital klassifizierte Eicheln neben ihren niedrigeren Wassergehalten durch niedrigere Glucose- und Fructosegehalte und höhere Saccharosegehalte aus als erfrorene Eicheln. Mit zunehmend tieferer Temperatur im Frosthärtest wurden bei den potentiell vitalen Eicheln zunehmend höhere Saccharosegehalte und zunehmend geringere Glucose- und Fructosegehalte vorgefunden, wobei die Anteile potentiell vitaler Eicheln an den Stichproben mit sinkender Frosttemperatur abnahmen. Die Ausprägung diese Beobachtung war umso deutlicher, je wärmer und „humider“ die Eicheln konditioniert wurden (KOND<sub>FL</sub> 1997 / 1998, KOND<sub>SW</sub> Variante 3 1996 / 1997).

Im Verlauf der Konditionierungsdauer zeichneten sich insbesondere nach  $-8^{\circ}\text{C}$  FHTs als potentiell vital bonitierte Eicheln aus „humider“ Konditionierungslagerung (KOND<sub>FL</sub> 1997 / 1998, KOND<sub>SW</sub> Variante 3 1996 / 1997) durch zunächst von Termin zu Termin abnehmende und anschließend von Termin zu Termin wieder ansteigende Glucose- und Fructosegehalte aus und einer gegensinnig verlaufenden Entwicklung der ermittelten Saccharosegehalte. Bei Eicheln aus „arider“ Konditionierungslagerung konnte dies nicht beobachtet werden (KOND<sub>SW</sub> 1997 / 1998; KOND<sub>SW</sub> Variante 2 1996 / 1997).

Um die Effekte unterschiedlicher Klimate auf potentiell vitale Eicheln aus „humider“ vs. „arider“ Konditionierungslagerung darzustellen, wurden in , Abb. 39, S. 119 beispielhaft die nach  $-8^{\circ}\text{C}$  FHTs gewonnenen Ergebnissen des Versuchsjahres 1997 / 1998 zu unterschiedlichen Entwicklungen von Frosthärte, Embryonenwassergehalt und im Zellsaft gelöster Zucker zusammengefasst.

Eine anteilige Abnahme des Stärkegehaltes an der Embryonentrockensubstanz konnte nicht beobachtet werden. Die Entwicklung der Stärke war eher durch Stagnation und z.T. über die Versuchsdauer signifikant zunehmende Gehalte in der Embryonentrockensubstanz vitaler Eicheln gekennzeichnet, begleitet von abnehmenden Gesamtzuckergehalten. Im Versuchsjahr 1997 / 1998 wurden die im Vergleich der Variantenmittelwerte tendenziell höchsten Stärkegehalte in der Embryonentrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln der vergleichsweise „warmen“ und „humiden“ KOND<sub>FL</sub> vorgefunden bei den gleichzeitig niedrigsten Gesamtzuckergehalten.

Erfrorene und vertrocknete Eicheln wiesen z.T. signifikant höhere Stärkegehalte in ihrer Trockensubstanz auf als potentiell vitale Eicheln.

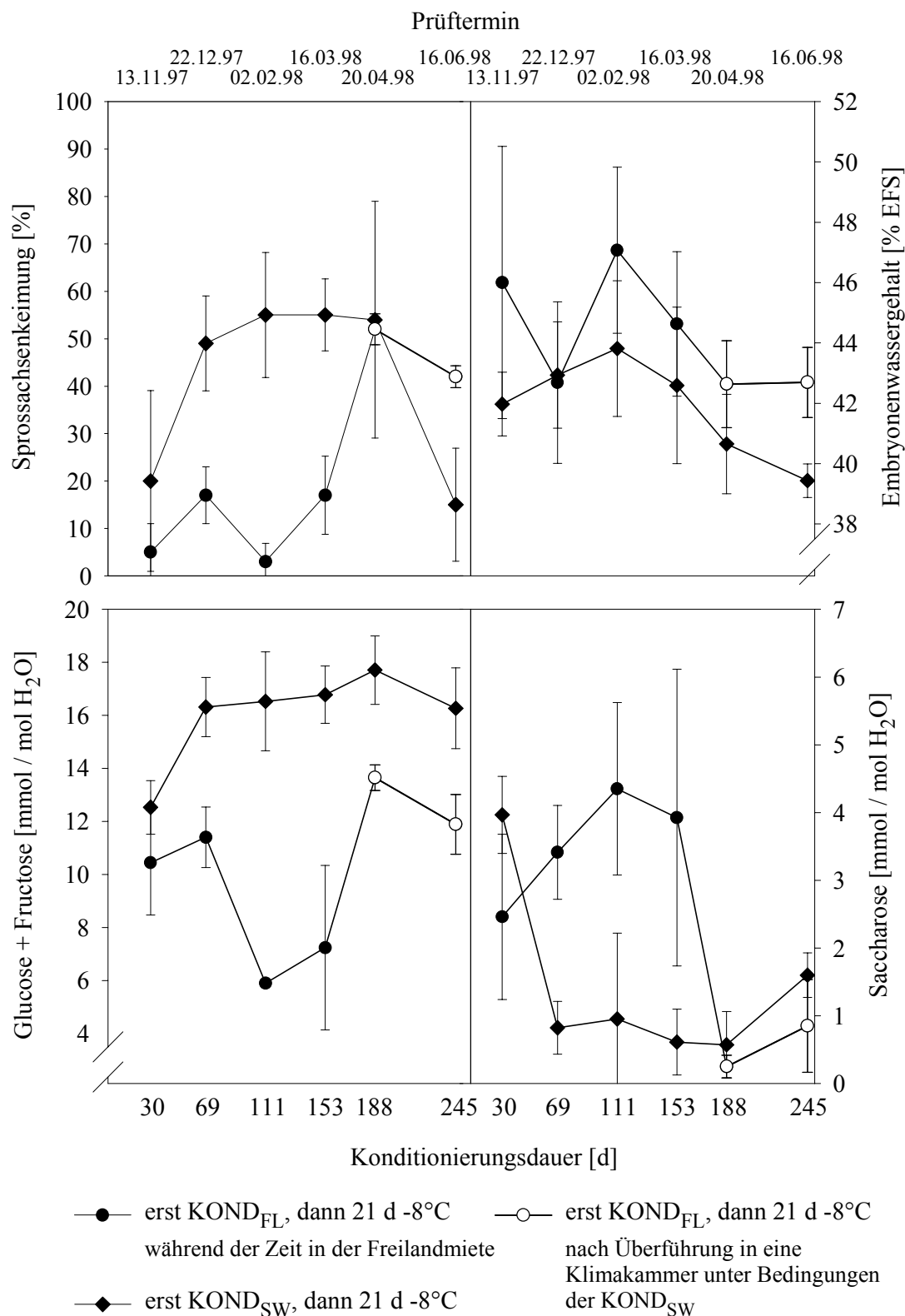


Abb. 39: Zusammenfassung der Effekte unterschiedlicher Klimate auf die Entwicklungen von Frosthärte, Embryonenwassergehalt und im Zellsaft gelöster Zucker potentiell vitaler Eicheln aus „humider“ und „arider“ Konditionierungslage nach  $-8^{\circ}C$  FHTs des Versuchsjahres 1997 / 1998

Zurück zu S. 79, 94, 118, 161

### 3.4. Korngrößeneffekt

#### 3.4.1. Eichelgewicht

Da die Eicheln einer Populationsstichprobe hinsichtlich ihres Gewichtes und ihrer Größe bei allen untersuchten Herkünften sehr große Unterschiede aufwiesen, wurde das in den einzelnen Versuchen verwendete Saatgut nach Einzelkorngewichtsklassen sortiert (Abb. 3, S. 43).

Um das Einzelkorngewicht als möglichen Einflussfaktor auf die Lagerbarkeit von Eichensaatgut im Verlauf eines Konditionierungszyklus untersuchen zu können, wurde im Versuchsjahr 1997/1998 bei Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter Bedingungen der KONDSW die Stichprobengröße der Eicheln aus der Konditionierungskontrolle und den  $-6^{\circ}\text{C}$  FHT-Behandlungen für die einzelnen Gewichtsklassen von  $n = 25$  auf  $n = 100$  in 4 Wiederholungen erhöht.

Es zeigte sich im Keimtest, dass die Vitalität des nicht durch Froststress belasteten Saatgutes von *Quercus robur* 'Quickborn' aller vier Gewichtsklassen der Konditionierungskontrolle vom ersten Prüftermin nach 30 Tagen Konditionierungsdauer bis zum letzten Prüftermin nach 245 Tagen Konditionierungsdauer kontinuierlich nachließ. Der Vitalitätsverlust erfolgte umso schneller und stärker je leichter das Saatgut war (Abb. 40, S. 121), wobei sich für die Eicheln der Gewichtsklassen I und IV sowie I und III im Versuchszeitraum alle vorgefundenen Unterschiede als signifikant erwiesen, während die Unterschiede insbesondere zwischen den direkt aneinandergrenzenden Gewichtsklassen nicht an allen Prüfterminen statistisch abzusichern waren.

Die im FHT bei  $-6^{\circ}\text{C}$  geprüften Eicheln aller Gewichtsklassen zeigten im Verlauf der ersten 111 Tage Konditionierungsdauer eine Abhärtung gegen die Frosttemperatur, wie sie auch in Kap. 3.1.2, S. 66 beschrieben wurde. Die sich an den nach 111 Tagen Konditionierungsdauer ermittelten Gipfel der Frosthärte anschließende Phase des drastischen, kontinuierlichen Vitalitätsverlustes wurde bei den Eicheln aller Gewichtsklassen der  $-6^{\circ}\text{C}$  FHT-Behandlung, wie auch bei den Eicheln der Konditionierungskontrolle beobachtet, nach 153 Tagen Konditionierungsdauer sichtbar.

Hinsichtlich einer Vitalitätsrangfolge an den einzelnen Prüfterminen entsprachen die Unterschiede zwischen den Eicheln der vier Gewichtsklassen im Wesentlichen denen,



welche auch an den Eicheln aus der Konditionierungskontrolle gefunden wurden (Abb. 40, S. 121). Mit zunehmendem Einzelkorngewicht zeigten die Eicheln einen zunehmend höheren Anteil gekeimter Sprossachsen im Keimtest an allen Prüfterminen. Signifikante Unterschiede zwischen den Gewichtsklassen traten insbesondere zwischen den äußeren Klassen I und IV auf während sich die Eicheln der Klassen II und III im Anschluss an den  $-6^{\circ}\text{C}$  FHT nie signifikant in ihren Keimergebnissen unterschieden.

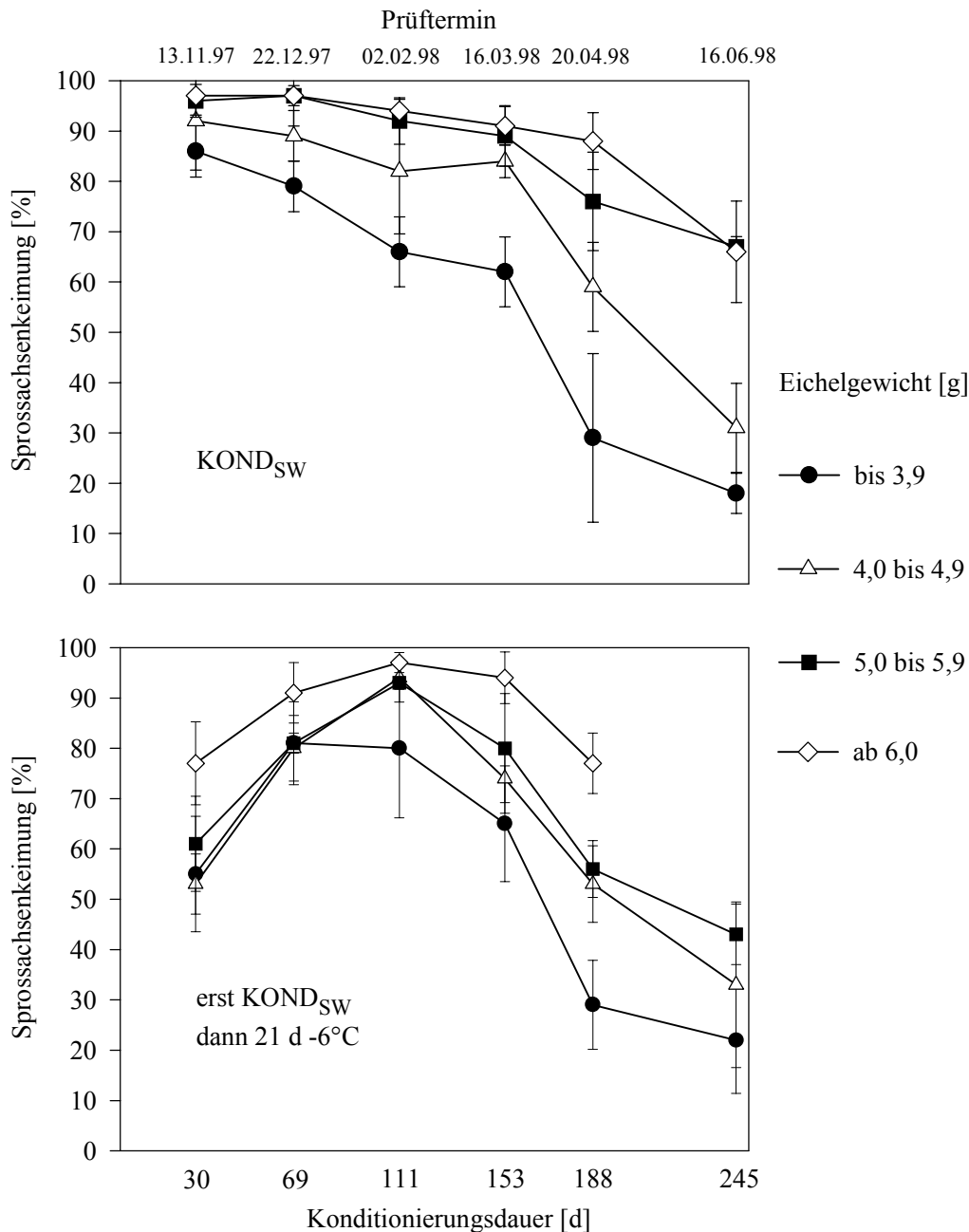


Abb. 40: Sprossachsenkeimung bei Eicheln unterschiedlicher Gewichtsklassen von *Quercus robur* 'Quickborn' im Verlauf der Konditionierungslagerung unter den Bedingungen der KOND<sub>SW</sub> sowie nach den auf die Konditionierung folgenden Frosthärtetests, 1997 / 1998. Zurück zu S. 120, 121

### 3.4.2. Embryonenwassergehalt bei Eicheln unterschiedlicher Gewichtssortierung

Der Embryonenwassergehalt nahm in den Eicheln aller vier Gewichtsklassen im Verlauf der KONDS<sub>SW</sub> kontinuierlich ab.

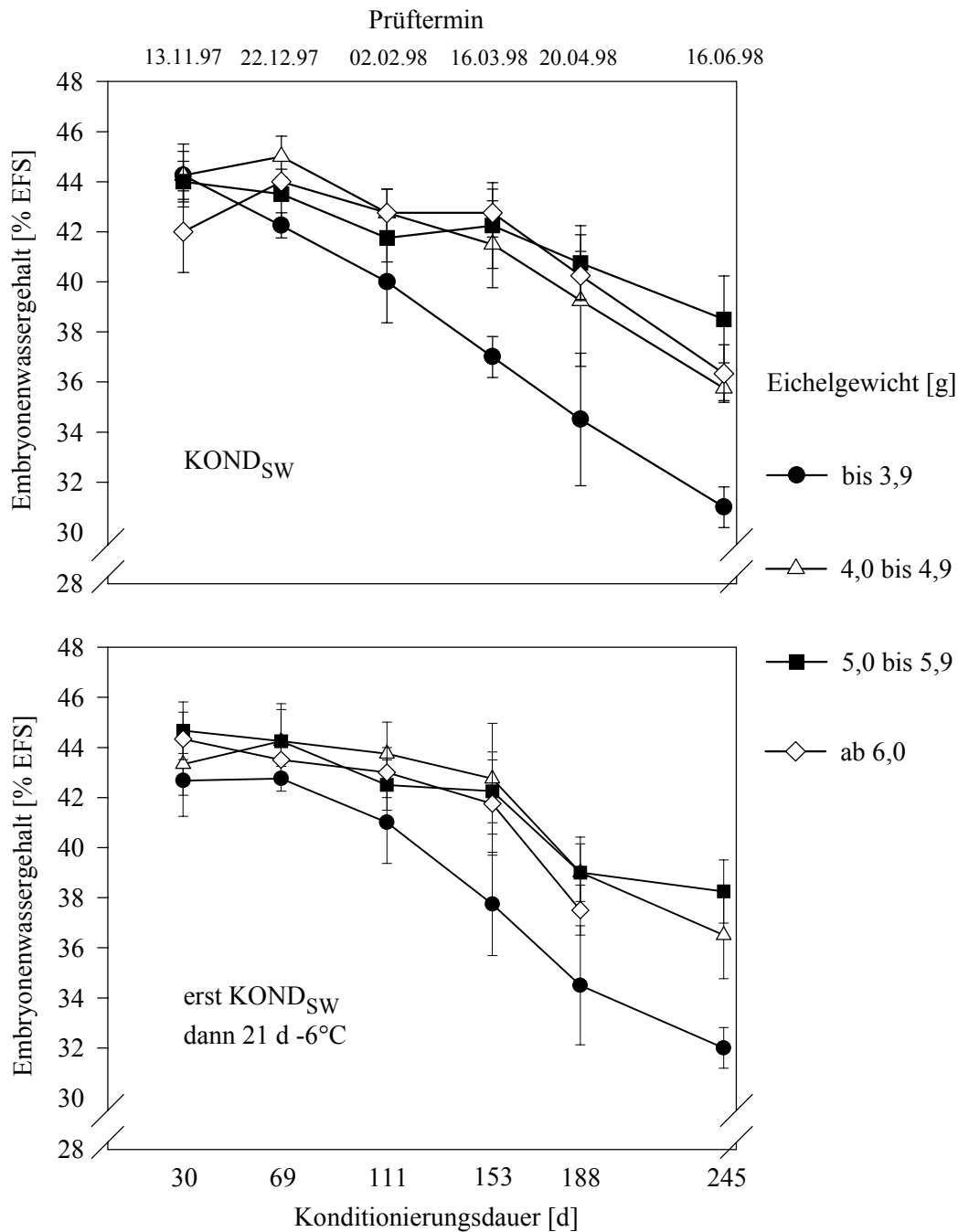


Abb. 41: Entwicklung des Wassergehaltes in der Embryonenfrischsubstanz der Gesamtstichproben bei Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' in unterschiedlicher Gewichtssortierung im Verlauf der Konditionierungslagerung und nach den an die Konditionierung anschließenden Frosthärtetests, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 123

Die Betrachtung des Wassergehalts sowohl auf der Basis der Gesamtstichproben als auch der Betrachtung der Fraktion der potentiell vitalen Eicheln nach Schnitttestbonitur der einzelnen Prüftermine zeigt, dass am stärksten die Eicheln der Gewichtsklasse I von einer Austrocknung betroffen waren (Abb. 41, S. 122; Abb. 42, S. 123).

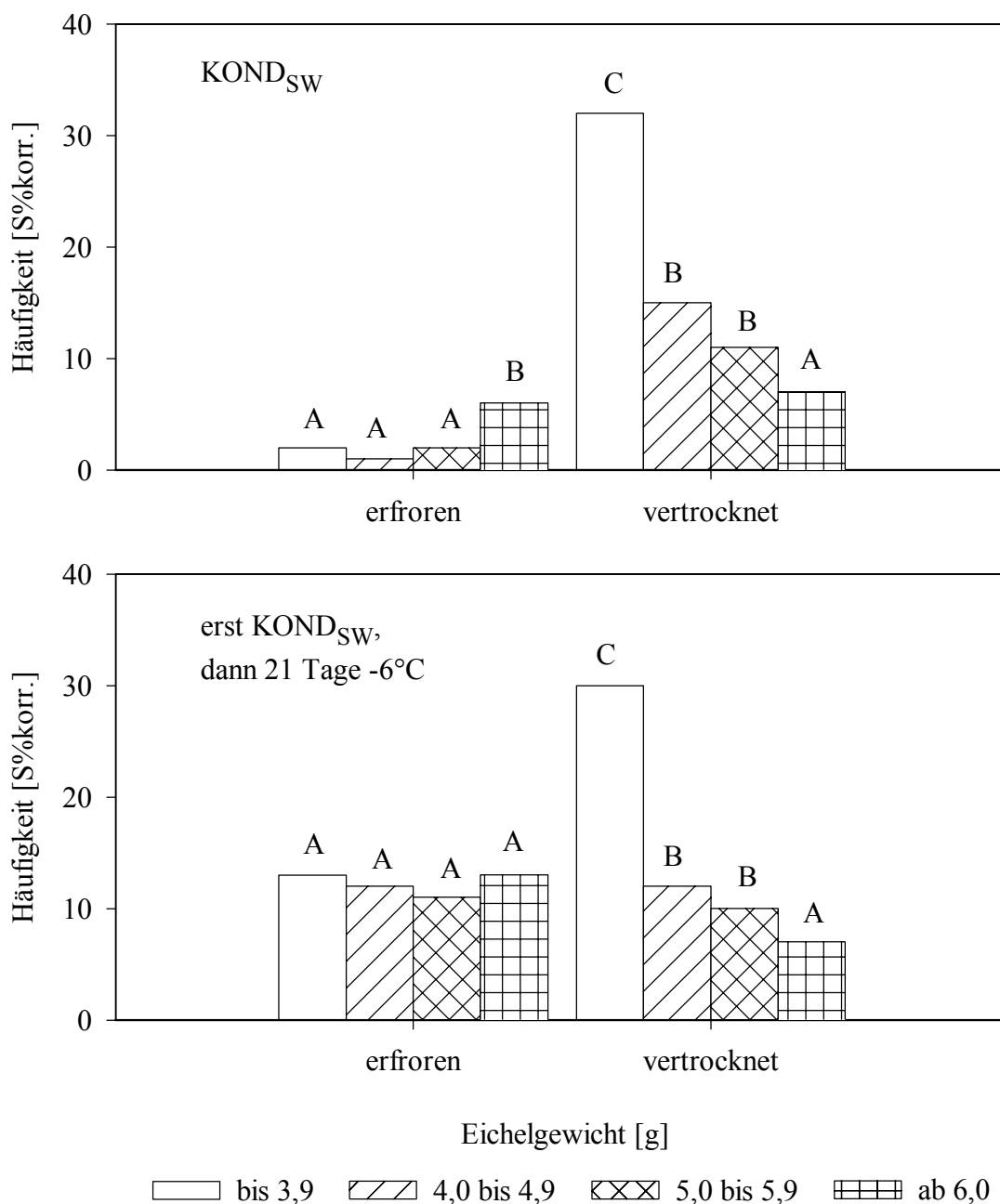


Abb. 42: Im Schnitttest ermittelte Anteile erfrorener und vertrockneter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' unterschiedlicher Gewichtssortierung, gepoolte Daten aller Prüftermine der Konditionierungskontrolle und der an die Konditionierung anschließenden  $-6^{\circ}\text{C}$  FHTs,  $\chi^2$ -Test, Fisher's Exact Test zweiseitig,  $p \leq 0,05$ , 1997 / 1998. Zurück zu S. 123, 124

Die Eicheln dieser Gewichtsklasse unterschieden sich mehrfach durch signifikant niedrigere Wassergehalte von den Eicheln der Gewichtsklassen II bis IV. Die Eicheln der Gewichtsklassen II bis IV ließen kein einheitliches, statistisch absicherbares Unterscheidungsmuster der Wassergehalte zueinander erkennen (Tab. 13, S. 125).

Die zusätzliche Betrachtung der Schnitttestbonitur zeigt, dass das Auftreten von Eicheln mit Trocknungsschäden über die Gewichtsklassen von I nach IV signifikant abnahm, wobei die Klassen II und III sich nicht voneinander unterscheiden ließen (Abb. 42, S. 123).

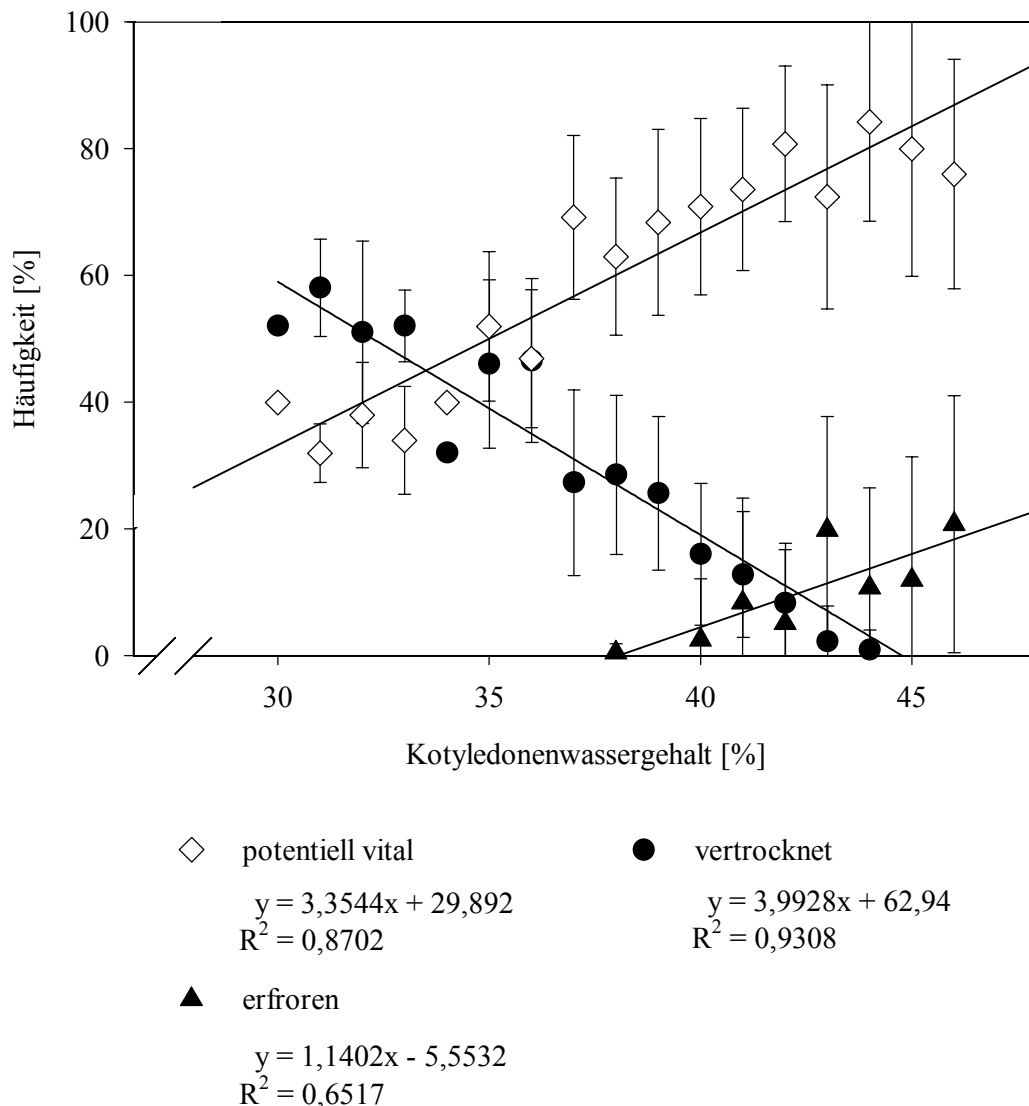


Abb. 43: Zusammenhang von Embryonenwassergehalt in der Frischmasse und dem Anteil potentiell vitaler, erfrorener und vertrockneter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn', gepoolt über alle Gewichtsklassen der Konditionierungskontrolle und der  $-6^{\circ}\text{C}$  FHTs nach Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub>, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 126

Tab. 13: Entwicklung des Embryonenwassergehaltes in der Frischmasse von Eichel  
 von *Quercus robur* 'Quickborn' in unterschiedlicher Gewichtssortierung, 1997  
 / 1998. Zurück zu S. 124

		Prüftermin						
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98	
		Konditionierungsdauer [d]						
		30	69	111	153	188	245	
<b>KOND<sub>sw</sub></b>	<b>Gesamtstichprobe</b> Gewichtsklasse	I	44,4 ± 1,2	42,4 ± 0,5	39,9 ± 1,5	36,9 ± 0,9	34,7 ± 2,7	31,0 ± 0,6
		II	44,2 ± 1,0	45,0 ± 0,5	42,9 ± 0,8	41,4 ± 2,0	39,4 ± 2,5	35,6 ± 0,3
		III	44,0 ± 0,7	43,4 ± 0,8	41,7 ± 0,8	42,4 ± 1,7	40,8 ± 1,6	38,5 ± 1,7
		IV	42,0 ± 1,5	44,0 ± 0,4	43,0 ± 0,9	42,6 ± 1,0	40,3 ± 1,0	36,6 ± 1,0
	<b>potentiell vital</b> Gewichtsklasse	I	B	A	A	A	A	A
		II	AB	C	A	B	B	B
		III	AB	AB	A	B	B	C
		IV	A	BC	A	B	B	BC
<b>nach 21 Tagen -6°C FHT</b>	<b>Gesamtstichprobe</b> Gewichtsklasse	I	44,5 ± 1,3	42,4 ± 0,5	41,4 ± 1,6	42,9 ± 1,1	41,1 ± 1,1	37,1 ± 1,7
		II	44,3 ± 1,0	45,1 ± 0,6	43,9 ± 1,0	43,5 ± 1,5	41,6 ± 1,7	40,1 ± 1,8
		III	44,0 ± 0,7	43,5 ± 0,7	42,4 ± 0,8	43,9 ± 1,0	42,5 ± 1,4	41,1 ± 0,5
		IV	42,0 ± 1,5	44,0 ± 0,5	42,6 ± 0,5	43,8 ± 0,9	41,4 ± 1,3	39,1 ± 0,6
	<b>potentiell vital</b> Gewichtsklasse	I	B	A	A	A	A	A
		II	AB	C	B	A	A	B
		III	AB	AB	AB	A	A	B
		IV	A	BC	AB	A	A	AB
	<b>Gesamtstichprobe</b> Gewichtsklasse	I	42,9 ± 0,5	42,6 ± 0,5	40,9 ± 1,5	37,7 ± 2,3	34,5 ± 2,3	32,0 ± 0,9
		II	43,2 ± 1,7	44,5 ± 1,7	43,8 ± 1,0	42,9 ± 2,1	38,8 ± 1,5	36,2 ± 1,7
		III	44,7 ± 0,9	44,2 ± 1,1	42,7 ± 1,1	42,3 ± 1,2	38,7 ± 1,0	38,1 ± 1,3
		IV	44,2 ± 0,5	43,6 ± 0,7	43,0 ± 0,8	41,7 ± 2,1	37,3 ± 0,9	
	<b>potentiell vital</b> Gewichtsklasse	I	A	A	A	A	A	A
		II	A	A	B	B	B	B
		III	A	A	AB	B	B	B
		IV	A	A	AB	AB	AB	
	<b>Gesamtstichprobe</b> Gewichtsklasse	I	42,2 ± 0,7	42,7 ± 0,9	42,5 ± 1,7	43,0 ± 2,0	40,1 ± 2,2	39,5 ± 0,9
		II	42,3 ± 1,0	43,5 ± 2,0	44,8 ± 0,9	44,5 ± 1,2	41,6 ± 0,8	39,0 ± 1,0
		III	43,6 ± 0,2	43,9 ± 1,3	43,2 ± 0,7	44,1 ± 1,2	40,9 ± 0,7	40,5 ± 1,3
		IV	43,4 ± 0,4	43,6 ± 0,8	43,2 ± 0,4	43,1 ± 0,9	39,1 ± 1,2	
	<b>potentiell vital</b> Gewichtsklasse	I	A	A	A	A	A	A
		II	AB	A	A	A	A	A
		III	B	A	A	A	A	A
		IV	AB	A	A	A	A	

arithmetisches Mittel (gerundet) ± Standardabweichung,  $p \leq 0,05$ ,  $n = 100$  je Gewichtsklasse, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Gewichtsklassen der jeweiligen Prüftermine sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird,

I: bis 3,9 g    II: 4,0 bis 4,9 g    III: 5,0 bis 5,9 g    IV: ab 6,0 g

Da sich die ermittelten Wassergehaltsdaten der Gesamtstichproben der Konditionierungskontrollen nicht von den Daten unterscheiden ließen, welche im Anschluss an  $-6^{\circ}\text{C}$  FHTs erhoben wurden, wurden die Daten aller Termine und Behandlungen gepoolt und gegen die ermittelten Schnitttestbonituren geplottet, wodurch sich der lineare Zusammenhang von Vitalitätsstatus und Wassergehalt darstellen lässt (Abb. 43, S. 124).

Es zeigte sich, dass bei dem in diesem Versuch untersuchten Eichensaatgut von *Quercus robur* 'Quickborn' der Anteil vertrockneter Eicheln 20 % überschritt, wenn ein Wassergehalt von 40 % in der Embryonenfrischsubstanz der Gesamtstichprobe unterschritten wurde. Bei einem Wassergehalt von 35 % KFG betrug der Anteil vertrockneter Eicheln ca. 40 %.

Das Auftreten von Frostschäden durch  $-6^{\circ}\text{C}$  konnte bei einem Wassergehalt ab ca. 42 % bis 43 % häufiger beobachtet werden, wobei keine Gewichtsklasseneffekte festzustellen waren.

Insgesamt überwog deutlich das Auftreten beobachteter Trocknungsschäden gegenüber Frostschäden im Verlauf der Konditionierung unter den Bedingungen der  $\text{KOND}_{\text{SW}}$ .

### 3.5. Vergleich von Einzelbaumabsaaten

#### 3.5.1. Sprossachsenkeimung

Die Absaaten aller Einzelbäume erlitten, unabhängig von der Saatgutherkunft, dem mittleren Eichelgewicht und der Keimfähigkeit zu Versuchsbeginn, im Verlauf der Konditionierungslagerung 1997 / 1998 unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> signifikante Vitalitätseinbußen gegenüber ihrer jeweiligen Anfangsvitalität (Tab. 14, S. 127).

Tab. 14: Entwicklung der Sprossachsenkeimung bei Einzelbaumabsaaten von *Quercus robur* unterschiedlicher Herkünfte im Verlauf der Konditionierung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub>, 1997 / 1998. Zurück zu S. 127

		Konditionierungsdauer [d]				Vitalitätsverlust [%] Termin 1 vs. 4
		31	101	157	248	
Sprossachsenkeimung [%]	EB01	87	83	83	60	-27
	EG02	73	63	39	16	-57
	EB04	76	71		29	-47
	EB08	91	89	88	55	-36
	EB41	84	75	71	20	-64
	EB61	91	89	88	64	-27
	EB301	92	92	76	32	-60
	EB302	87	85	67	21	-65
	EB303	93	76	60	35	-59
	EB307	89	88	80	44	-45
	EB308	95	91	88	41	-53
	EB309	80	80	80	47	-33
	EB310	95	89	68	23	-72
EB312	95	95	67	29	-65	

$\chi^2$ -Test, Fisher's Exact Test,  $p \leq 0,05$ ,  $n = 75$ .  
n.s.: Differenz nicht signifikant.

Die wesentlichen Unterschiede zwischen den Einzelbaumabsaaten bestanden im Ausmaß des Vitalitätsverlustes und im Zeitpunkt des Einsetzens des beobachteten Vitalitätsverlustes.

Eine Bilanz des Vitalitätsverlustes vom ersten Prüftermin nach 31 Tagen Konditionierungsdauer gegen den letzten Prüftermin nach 248 Tagen Konditionierungsdauer zeigt, dass die Fähigkeit des Saatgutes unterschiedlicher Mutterbäume im Konditionierungslager die anfängliche Vitalität aufrecht zu erhalten, sehr unterschiedlich ausgeprägt sein kann, dass die Vitalitätsverluste zwischen den Einzelbaumabsaaten unterschiedlich stark

und mit z.T. signifikanten Differenzen zwischen den Einzelbaumabsaaten auftreten (Tab. 16, S. 129) und nicht von der zu Versuchsbeginn ermittelten Vitalität abhängen. Bei den Eicheln der Konditionierungskontrolle zeigten z.B. die Einzelbaumabsaaten EB61 'Steinberg Allee' sowie EB01 und EB08 'Hannover-Herrenhausen' die geringsten Vitalitätsverluste während EB302 und EB310 'Quickborn', EB41 'Großhansdorf' sowie EG02 'Hannover-Herrenhausen' mit über 75% Vitalitätsverlust nach 248 Tagen gegenüber dem ersten Prüftermin nach 31 Tagen Konditionierungsdauer die geringste Eignung für eine Lagerung unter den angelegten Konditionierungsbedingungen aufwiesen. Aus den Ergebnissen der bei  $-6^{\circ}\text{C}$  im FHT gestressten Einzelbaumabsaaten konnte ein vergleichbarer Befund abgeleitet werden (Tab. 15, S. 128). Bei den genannten Einzelbäumen erwiesen sich die Unterschiede der Vitalitätsverluste zwischen den Einzelbäumen als signifikant.

Tab. 15: Entwicklung der Sprossachsenkeimung bei Einzelbaumabsaaten von *Quercus robur* unterschiedlicher Herkünfte im Verlauf der Konditionierung unter den Bedingungen der  $\text{KOND}_{\text{SW}}$ , ermittelt nach den an die Konditionierung anschließenden  $-6^{\circ}\text{C}$  FHTs, 1997 / 1998. Zurück zu S. 128

		Konditionierungsdauer [d]				Vitalitätsverlust [%]	
		31	101	157	248	Termin 1 vs. 4	
Sprossachsenkeimung [%]	EB01	68	73	47	63	-5	n.s.
	EG02	60	53	45	4	-56	
	EB04	55	84		31	-24	
	EB08	73	87	60	64	-9	n.s.
	EB41	68	53	47	19	-49	
	EB61	83	87	84	53	-29	
	EB301	95	92	60	32	-63	
	EB302	85	75	63	16	-69	
	EB303	97	89	53	29	-68	
	EB307	95	81	81	44	-51	
	EB308	93	92	61	31	-63	
	EB309	71	64	71	28	-43	
	EB310	89	87	72	23	-67	
	EB312	93	80	61	23	-71	

$\chi^2$ -Test, Fisher's Exact Test,  $p \leq 0,05$ ,  $n = 75$ .

n.s.: Differenz nicht signifikant.

Die Betrachtung der Vitalitätsentwicklung der Einzelbaumabsaaten aus der Konditionierungskontrolle über die Zeit macht deutlich, dass bei den Absaaten mit den geringsten Vitalitätsverlusten der beobachtete Vitalitätsverlust zwischen den Prüfterminen ver-



gleichsweise spät und in vergleichsweise geringem Ausmaß auftrat, z.B. bei EB61 'Steinberg Allee' und EB309 'Quickborn' gegenüber EG02 'Hannover Herrenhausen' und EB303 'Quickborn' (Anhang 3, Tab. 97, S. 288; Tab. 98, S. 289; Tab. 99, S. 290; Tab. 100, S. 291).

Tab. 16: Unterschiede der im Keimtest ermittelten Vitalitätsverluste zwischen den untersuchten Einzelbaumabsaaten von *Quercus robur* aus unterschiedlicher Herkunft, Bilanz des ersten Prüftermins nach 31 Tagen Konditionierungsdauer gegen den vierten Prüftermin nach 248 Tagen Konditionierungsdauer bei Eicheln aus der Konditionierungskontrolle und den an die Konditionierung anschließenden 21 tägigen FHTs, 1997 / 1998. Zurück zu S. 128, 136

		Differenz Termin 1 vs. 4 [%]													FHT -6°C		
		EB01	EG02	EB04	EB08	EB41	EB61	EB301	EB302	EB303	EB307	EB308	EB309	EB310	EB312		
Differenz Termin 1 vs. 4 [%]	EB01	-31	X			X		X	X	X	X	X	X	X	X	-8	EB01
	EG02	-78	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X			-93	EG02
	EB04	-61							X						X	-44	EB04
	EB08	-40	X			X		X	X	X	X	X	X	X	X	-13	EB08
	EB41	-76	X		X		X									-73	EB41
	EB61	-29		X			X		X	X		X		X	X	-35	EB61
	EB301	-65	X				X									-66	EB301
	EB302	-75	X		X		X				X					-81	EB302
	EB303	-63					X									-70	EB303
	EB307	-51		X												-54	EB307
	EB308	-56														-67	EB308
	EB309	-42		X			X		X							-60	EB309
	EB310	-76	X			X		X					X			-75	EB310
	EB312	-69	X			X		X								-76	EB312
KOND <sub>sw</sub>		-31	-78	-61	-40	-76	-29	-65	-75	-63	-51	-56	-42	-76	-69		
		Differenz Termin 1 vs. 4 [%]															
		EB01	EG02	EB04	EB08	EB41	EB61	EB301	EB302	EB303	EB307	EB308	EB309	EB310	EB312		

$\chi^2$ -Test, Fisher's Exact Test zweiseitig,  $p \leq 0,05$ ,  $n = 75$  je EB, signifikante Unterschiede der Differenz zwischen den Einzelbaumabsaaten sind durch X bezeichnet.

Diesen Beobachtungen entsprechend ließ sich eine zum Beginn der Konditionierungslagerung aufgestellte Rangfolge mit z.T. signifikanten, häufig auch nur tendenziellen Unterschieden zwischen den Einzelbaumabsaaten gemäß der erzielten Keimergebnisse

nicht unverändert über die Zeit fortsetzen sondern lediglich für einen jeweiligen Prüf-termin bestimmen (Anhang 3, Tab. 97, S. 288; Tab. 98, S. 289; Tab. 99, S. 290; Tab. 100, S. 291).

Tab. 17: Unterschiede zwischen Einzelbaumabsaaten von *Quercus robur* gleicher und unterschiedlicher Herkunft in der Reaktion auf die der Konditionierung folgenden  $-6^{\circ}\text{C}$  FHTs,

A: Prüftermin 1 und 2, B: Prüftermin 3 und 4, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 131

A	Konditionierungsdauer [d]						
	31			101			
	Keimung [%]		Diff. [%]	Keimung [%]		Diff. [%]	
KOND <sub>sw</sub>	FHT $-6^{\circ}\text{C}$	KOND <sub>sw</sub>		FHT $-6^{\circ}\text{C}$			
EB01	87	68	19	83	73	10	n.s.
EG02	73	60	13	63	53	10	n.s.
EB04	76	55	21	71	84	13	n.s.
EB08	91	73	18	89	87	2	n.s.
EB41	84	68	16	75	53	22	
EB61	91	83	8	89	87	2	n.s.
EB301	92	95	3	92	92	0	
EB302	87	85	2	85	75	10	n.s.
EB303	93	97	4	76	89	13	n.s.
EB307	89	95	6	88	81	7	n.s.
EB308	95	93	2	91	92	1	n.s.
EB309	80	71	9	80	64	16	
EB310	95	89	6	89	87	2	n.s.
EB312	95	93	2	95	80	15	

B	Konditionierungsdauer [d]						
	157			248			
	Keimung [%]		Diff. [%]	Keimung [%]		Diff. [%]	
KOND <sub>sw</sub>	FHT $-6^{\circ}\text{C}$	KOND <sub>sw</sub>		FHT $-6^{\circ}\text{C}$			
EB01	83	47	36	60	63	3	n.s.
EG02	39	45	6	16	4	12	n.s.
EB04				29	31	2	n.s.
EB08	88	60	28	55	64	9	n.s.
EB41	71	47	24	20	19	1	n.s.
EB61	88	84	4	64	53	11	n.s.
EB301	76	60	16	32	32	0	
EB302	67	63	4	21	16	5	n.s.
EB303	60	53	7	35	29	6	n.s.
EB307	80	81	1	44	44	0	
EB308	88	61	27	41	31	10	n.s.
EB309	80	71	9	47	28	19	
EB310	68	72	4	23	23	0	
EB312	67	61	6	29	23	6	n.s.

$\chi^2$ -Test, Fisher's Exact Test zweiseitig,  $p \leq 0,05$ ,  $n = 75$  je Absaat, n.s.: Differenz nicht signifikant

Eine Ausnahme bildete EG02 'Hannover Herrenhausen', welche sich an den ersten drei Prüfterminen gegenüber fast allen anderen Einzelbaumabsaaten sowohl in der Konditionierungskontrolle als auch nach dem  $-6^{\circ}\text{C}$  FHT als signifikant schwächer erwies (Anhang 3, Tab. 97, S. 288; Tab. 98, S. 289; Tab. 99, S. 290; Tab. 100, S. 291).

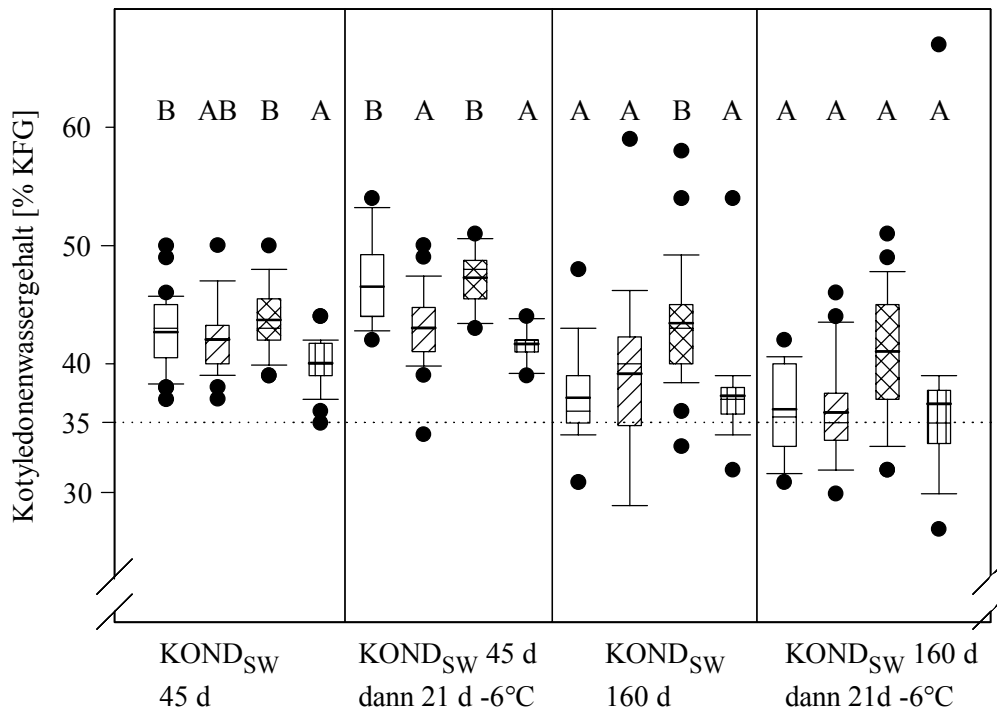
Über die Zeit nahm außerdem bei den nicht im FHT gestressten Eicheln der Konditionierungskontrollen die Häufigkeit signifikanter Unterschiede in der Sprossachsenkeimung zwischen den Absaaten der Einzelbäumen zu, während bei den im  $-6^{\circ}\text{C}$  FHT gestressten Eicheln über die ersten drei Prüftermine bis zu 157 Tagen Konditionierungsdauer die Häufigkeit abnahm. Am vierten Prüftermin nach 248 Tagen Konditionierungsdauer war die schon am ersten Prüftermin nach 31 Tagen Konditionierungsdauer beobachtete Häufigkeit von Unterschieden in der Sprossachsenkeimung zwischen den Absaaten der Einzelbäume jedoch wieder zu beobachten.

Es zeigte sich weiterhin, dass von den Keimergebnissen, welche am jeweiligen Prüftermin an Eicheln aus der Konditionierungskontrolle gewonnen wurden, hinsichtlich der Rangfolge zwischen den Einzelbaumabsaaten nur bedingt auf die Keimergebnisse geschlossen werden konnte, welche sich nach einer  $-6^{\circ}\text{C}$  FHT-Behandlung einstellen. Insgesamt waren die Unterschiede in der Sprossachsenkeimung vor und nach einem Frosthärtetest in den meisten Fällen jedoch nicht signifikant, die Prüftemperatur  $-6^{\circ}\text{C}$  im FHT bewirkte nur in wenigen Fällen signifikante Vitalitätsverluste gegenüber den nicht im FHT gestressten Eicheln des gleichen Prüftermins (Tab. 17, S. 130).

### **3.5.2. Embryonenwassergehalt**

Die an vier zufällig ausgewählten Einzelbaumabsaaten durchgeführten Bestimmungen des Wassergehaltes in direktem Bezug zur im Keimtest bestimmten Vitalität der beprobten Eicheln zeigten, dass nach 45 Tagen Konditionierungsdauer unter den Bedingungen der  $\text{KOND}_{\text{SW}}$  des Versuchsjahres 1997 / 1998 die nur konditionierten Eicheln der Herkunft 'Quickborn' mit Keimergebnissen ab 80% aufwärts nur geringfügig unterschiedliche Wassergehalte mit vergleichbar weiter Streuung zwischen den Eicheln aufwiesen. Die Eicheln des Einzelbaumes EB61 'Sarstedt' zeigten verglichen mit den EBs 303 und 309 einen signifikant niedrigeren Wassergehalt bei vergleichbarer Sprossachsenkeimung (Abb. 44, S. 132).

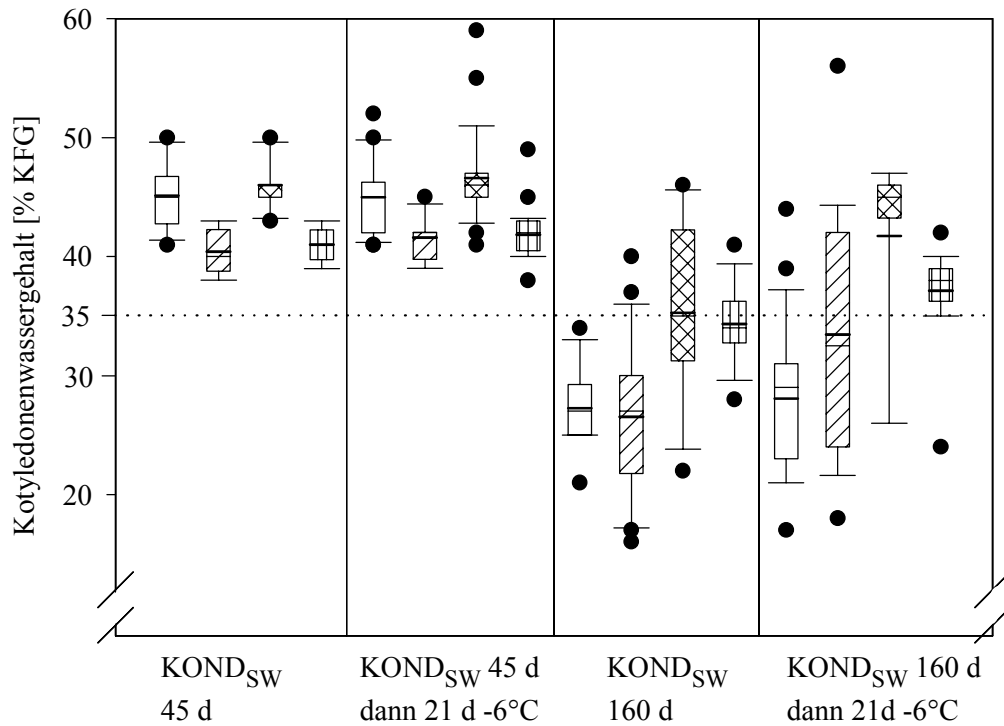
Die nach 45 Tagen Konditionierungsdauer im FHT bei  $-6^{\circ}\text{C}$  gestressten vitalen Eicheln zeichneten sich durch vergleichbare bis tendenziell höhere Wassergehalte aus, wobei die Eicheln der EBs 303 und 309 'Quickborn' signifikant höhere Embryonenwassergehalte aufwiesen als diejenigen der EBs 308 'Quickborn' und 61 'Sarstedt'.



	Sprossachsenkeimung [%]			
	KONDSW 45 d	KONDSW 45 d dann 21 d -6°C	KONDSW 160 d	KONDSW 160 d dann 21 d -6°C
EB 303	93	43	50	40
EB 308	83	77	43	53
EB 309	80	23	77	63
EB 61	90	20	70	50

Abb. 44: Wassergehalt in den Kupulaenden **gekeimter** Eicheln von vier *Quercus robur* - Einzelbaumabsaaten nach 45 und 160 Tagen Konditionierungsdauer unter den Bedingungen der KONDSW sowie nach den an die Konditionierung anschließenden 21 tägigen  $-6^{\circ}\text{C}$  FHTs,  $p \leq 0,05$ ,  $n = 30$  je Absaat, 1997 / 1998. Zurück zu S. 131, 133, 134 oben, 134 mitte, 134 unten, 163

Während bei den „trockenen“ Eicheln des EB 308 'Quickborn' im Anschluss an den  $-6^{\circ}\text{C}$  FHT nur geringe Vitalitätseinbußen im Vergleich zu den nicht im FHT gestressten Eicheln auftraten, konnte am ebenfalls „trockenen“ Saatgut des EB 61 'Sarstedt' eine durch den FHT bedingte Abnahme der Sprossachsenkeimung beobachtet werden, wie sie auch bei den wasserreichen Eicheln der EBs 303 und 309 'Quickborn' festgestellt wurde (Abb. 44, S. 132).



	nicht gekeimte Eicheln [%]			
	KONDSW 45 d	KONDSW 45 d dann 21 d $-6^{\circ}\text{C}$	KONDSW 160 d	KONDSW 160 d dann 21d $-6^{\circ}\text{C}$
EB 303	7	57	50	60
EB 308	17	23	57	47
EB 309	20	77	23	37
EB 61	10	80	30	50

Abb. 45: Wassergehalt in den Kupulaenden **nicht gekeimter** Eicheln von vier *Quercus robur* - Einzelbaumabsaaten nach 45 und 160 Tagen Konditionierungsdauer unter den Bedingungen der KONDSW sowie nach den an die Konditionierung anschließenden 21 tägigen  $-6^{\circ}\text{C}$  FHTs, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 135 oben, 135 mitte, 135 unten

Nach 160 Tagen Konditionierungslagerung zeichneten sich die gekeimten Eicheln der EBs 303 und 308 'Quickborn' sowie des EBs 61 'Sarstedt' durch eine Abnahme des Embryonenwassergehaltes auf Werte zwischen 35% und 40% in der Embryonenfrischmasse aus, während die gekeimten Eicheln des EBs 309 praktisch keine Abnahme des Mittelwertes des Embryonenwassergehaltes zeigten und damit nach 160 Tagen Konditionierungsdauer einen signifikant höheren Embryonenwassergehalt aufwiesen als die untersuchten Eicheln der anderen drei EBs. Allen EBs war gemeinsam, dass die Streuung des Wassergehaltes zwischen den gekeimten Eicheln einer Einzelbaumabsaat deutlich zunahm und nur in Ausnahmefällen die 35%-Marke unterschritt (Abb. 44, S. 132). Der Anteil gekeimter Sprossachsen nahm insbesondere bei den EBs 303 und 308 'Quickborn' mit 43% und 40% deutlich ab, während die ebenfalls von einer stärkeren Austrocknung betroffenen Eicheln des EBs 61 'Sarstedt' gegenüber dem Keimtest nach 45 Tagen Konditionierungsdauer „nur“ eine Abnahme der Sprossachsenkeimung von 20% aufwiesen. Die Eicheln des EBs 309 'Quickborn' zeigten bei etwa gleichbleibendem Embryonenwassergehalt keine Abnahme der Sprossachsenkeimung nach 160 Tagen Konditionierungsdauer (Abb. 44, S. 132).

Die im Anschluss an die 160 tägige Konditionierungslagerung im  $-6^{\circ}\text{C}$  FHT gestressten und danach gekeimten Eicheln der EBs ließen sich nach ihrem Embryonenwassergehalt nicht statistisch voneinander unterscheiden. Die gekeimten Eicheln der EBs 303 und 308 'Quickborn' sowie von EB 61 'Sarstedt' zeichneten sich durch Wassergehalte von 36% bis 37% aus, bei den Eicheln von EB 309 'Quickborn' konnte ein mittlerer Embryonenwassergehalt von 41% ermittelt werden.

Durch den  $-6^{\circ}\text{C}$  FHT wurde die Vitalität der Eicheln der EBs 303 und 308 'Quickborn' mit einer Abnahme der Sprossachsenkeimung um 10% gegenüber den nicht im FHT gestressten Eicheln vergleichsweise gering beeinträchtigt während die ebenfalls „trockenen“ Eicheln des EBs 61 'Sarstedt' nach dem FHT eine Abnahme der Sprossachsenkeimung um 20% aufwiesen. Die im Vergleich der Absaaten tendenziell wasserreichsten Eicheln des EBs 309 'Quickborn' zeigten nach dem  $-6^{\circ}\text{C}$  FHT eine Abnahme der Sprossachsenkeimung um 14% gegenüber den nicht im FHT gestressten Eicheln (Abb. 44, S. 132).

Bei den nicht gekeimten Eicheln der EBs 303 und 308 'Quickborn' zeigte sich nach 160 Tagen Konditionierungslagerung eine weite Streuung der ermittelten Wassergehalte unterhalb 35% in der Embryonenfrischsubstanz. Für die nicht gekeimten Eicheln des

EB 309 'Quickborn' wurde direkt im Anschluss an die Konditionierungslagerung ebenfalls eine sehr weite Streuung der ermittelten Wassergehalte beobachtet, wobei der Mittelwert mit ca. 35% Embryonenwassergehalt jedoch um rund 10% über dem der Eicheln der EBs 303 und 309 'Quickborn' angesiedelt war. Die nichtgekeimten Eicheln des EBs 61 'Sarstedt' zeigten bei geringerer Streuung der Daten ebenfalls einen Mittelwert von ca 35% Embryonenwassergehalt in der Frischmasse (Abb. 45, S. 133).

Im Anschluss an den  $-6^{\circ}\text{C}$  FHT nach 160 Tagen Konditionierungslagerung zeichnete sich die Mehrzahl der nicht gekeimten Eicheln des EBs 309 'Quickborn' durch Wassergehalte oberhalb von 40% in der Embryonenfrischmasse aus, während im Kontrast dazu der größte Teil der nicht gekeimten Eicheln des EBs 303 'Quickborn' Wassergehalte unter 30% und des EBs 308 'Quickborn' unter 35% in der Embryonenfrischmasse aufwies. Die nicht gekeimten Eicheln vom EB 61 'Sarstedt' zeigten Wassergehalte zwischen 35% und 40% in der Embryonenfrischmasse (Abb. 45, S. 133).

Die nach 45 Tagen Konditionierungsdauer nicht gekeimten Eicheln aller EBs zeigten den gekeimten Eicheln vergleichbare Embryonenwassergehalte in der Frischmasse (Abb. 45, S. 133).

Der aus den Einzelkornuntersuchungen an vier Einzelbaumabsaaten gewonnene Eindruck, dass zwischen dem Saatgut unterschiedlicher Einzelbäume nicht nur Unterschiede in der Reaktion auf Frosttemperaturen sondern auch und damit eng verbunden in der Sensibilität gegenüber Trocknungsstress und in der Neigung zur Trocknung bei vergleichbaren Klimabedingungen während der Konditionierungslagerung bestehen, wird unterstützt, wenn man den Massenverlust der Eicheln während der Konditionierungslagerung im wesentlichen als einen Wasserverlust interpretiert (Tab. 18, S. 136).

Ein Zusammenhang zwischen dem Korngewicht am ersten Prüftermin und dem gegen das Korngewicht vom letzten Prüftermin bilanzierten Massenverlust ( $r = 0,2$ ), zwischen dem Korngewicht und dem Vitalitätsverlust ( $r = 0,5$ ) sowie zwischen dem Massen- und dem Vitalitätsverlust ( $r = -0,02$ ) konnte allerdings nicht nachgewiesen werden.

Es zeigte sich, dass z.B. die leichtesten Absaaten der Einzelbäume EB 41 'Großhansdorf' und EB 310 'Quickborn' (um 2g und 4g am ersten Prüftermin) bei Massenverlusten um 24% mit einer Abnahme der Sprossachsenkeimung um 76% die stärksten Vitalitätsverluste im Verlauf der 248 tägigen Konditionierungslagerung aufwiesen, während die schwersamige Absaat des EB 01 'Hannover-Herrenhausen' mit einem mitt-

leren Eichelngewicht um 7g am ersten Prüftermin und einem vergleichbaren Massenverlust zwischen 24% und 25% während der Konditionierungslagerung „nur“ einen Vitalitätsverlust um 31% erlitt. Die am ersten Prüftermin ebenfalls um 7 g schweren Eicheln des EB 308 'Quickborn' zeigten bei einem Massenverlust um 19% nach 248 Tagen Konditionierungslagerung einen Vitalitätsverlust um 56% gegenüber dem ersten Prüftermin. Die geringsten Massenverluste wurden an den Absaaten von EB 04 'Hannover-Herrenhausen' (um 12%) und EB 302 'Quickborn' (um 17%) beobachtet, bei mittleren Eichelgewichten zwischen 5g und 6g. Mit Vitalitätsverlusten um 61% (EB 04) und 75% (EB 302) gegenüber dem ersten Prüftermin zeigten diese Absaaten nach 248 Tagen Konditionierungsdauer jedoch vergleichsweise schwache Keimergebnisse (Tab. 16, S. 129; Anhang 3, Tab. 97, S. 288; Tab. 98, S. 289; Tab. 99, S. 290; Tab. 100, S. 291).

Tab. 18: Darstellung der Korngewichte der untersuchten Einzelbaumabsaaten an den Prüfterminen, sortiert in aufsteigender Reihe über die Einzelbäume am ersten Prüftermin, Bilanzierung des Massenverlustes während der 248 tägigen Konditionierungslagerung und Gegenüberstellung zum Vitalitätsverlust als Hinweis auf Unterschiede in der Trocknungsneigung und Trocknungssensibilität zwischen Einzelbaumabsaaten von *Quercus robur*, 1997 / 1998

Zurück zu S. 135

	Konditionierungsdauer [d]				Massenverlust [%]	Vitalitätsverlust [%]
	31	101	157	248	Termin 1 vs. 4	Termin 1 vs. 4
Mittleres Eichelgewicht [g]						
EB41	2,4 ± 0,0	2,2 ± 0,1	2,3 ± 0,2	1,8 ± 0,1	-24,3	-76
EB310	3,9 ± 0,2	3,9 ± 0,1	3,2 ± 0,1	3,0 ± 0,1	-23,7	-76
EB303	4,1 ± 0,2	3,9 ± 0,3	3,4 ± 0,0	3,2 ± 0,1	-22,6	-63
EB08	4,4 ± 0,2	4,0 ± 0,1	3,9 ± 0,3	3,5 ± 0,3	-20,1	-40
EB302	5,0 ± 0,0	4,7 ± 0,1	4,0 ± 0,3	4,1 ± 0,2	-17,1	-75
EB312	5,4 ± 0,2	5,2 ± 0,1	4,6 ± 0,1	3,9 ± 0,2	-27,1	-69
EB301	5,5 ± 0,1	5,2 ± 0,3	5,0 ± 0,1	4,6 ± 0,4	-15,5	-65
EB309	5,5 ± 0,1	5,0 ± 0,2	4,7 ± 0,2	4,3 ± 0,2	-21,2	-42
EG02	5,6 ± 0,1	4,8 ± 0,1	4,7 ± 0,1	4,5 ± 0,3	-19,8	-78
EB04	5,6 ± 0,3	6,1 ± 0,3		5,0 ± 0,4	-12,2	-61
EB307	5,9 ± 0,2	5,1 ± 0,2	4,9 ± 0,2	4,6 ± 0,2	-21,8	-51
EB61	5,9 ± 0,3	5,4 ± 0,2	5,2 ± 0,3	4,8 ± 0,0	-19,4	-29
EB308	7,2 ± 0,3	7,0 ± 0,0	6,4 ± 0,2	5,8 ± 0,1	-19,1	-56
EB01	7,2 ± 0,4	7,1 ± 0,3	6,4 ± 0,3	5,4 ± 0,5	-24,6	-31

Korngewichte als arithmetisches Mittel (gerundet) ± Standardabweichung, Massenverlust und Vitalitätsverlust als Anteil über die Wiederholungen.



#### **4. Diskussion**

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass die Abhärtung von Eicheln gegen Frosttemperaturen im Freiland in Klimakammern bei unterschiedlicher Form der Klimaführung reproduzierbar ist, dass im Tag / Nacht Rhythmus schwingende Temperaturen dafür nicht erforderlich sind und dass weder die während der Konditionierung erlangte Frosthärte noch die zu Beginn der Konditionierung vorhandene Vitalität der Eicheln konserviert werden konnten.

Die Ursachen hierfür liegen zum einen in einer Rhythmik der Frosthärteentwicklung unter rekazitranzkonformen Konditionierungsbedingungen und sind zum anderen auf Schädigungen des Saatgutes durch rekazitranzkonträre Klimabedingungen während der Konditionierungslagerung zurückzuführen.

##### **4.1. Bedeutung der Konditionierungslagerung**

Die Adaption an Stress wird nach PEARCE (1999) definiert als der Besitz von Genen, welche eine größere Toleranz gegenüber Stress verleihen und meistens nur während der Akklimation gegenüber Stress expremiert werden.

Als Akklimation wird nach PEARCE (1999) das Expremieren genetischen Potentials unter induktiven Bedingungen bezeichnet, wobei in Pflanzen sowohl niedrige Temperaturen über dem Gefrierpunkt als auch Frost die verbreitetsten Umweltfaktoren sind, die zur Akklimation gegen Kälte führen. Nach BRESSAN et al. (2000) ist gewöhnlich eine mindestens mehrere Tage andauernde Akklimatisierung bei niedrigen Temperaturen erforderlich, damit sich Frostresistenz vollständig entwickeln kann. Kälte kann jedoch durch Trockenheit und Abscisinsäure ersetzt werden (PEARCE 1999; BRESSAN et al. 2000).

Vor dem Hintergrund dieser Definition von PEARCE (1999) wurden die Konditionierungsbedingungen im Rahmen der durchgeführten Versuche als induktive Bedingungen aufgefasst (Kap. 2.2, S. 45), die zu einer Frosthärte führen sollten, welche über das durch die Konditionierungslagerung abverlangte Maß an Frosthärte hinaus geht, vorausgesetzt die Eicheln besitzen die entsprechende genetische Ausstattung.

Als Ziel war eine längerfristige Vorratslagerung bei Temperaturen um  $-5^{\circ}\text{C}$  und darunter definiert, um die zum Zeitpunkt des Fruchtfalls physiologisch aktiven Eicheln möglichst schnell und dauerhaft ruhig stellen zu können.

Die Konditionierungslagerung der beschriebenen Versuche erfolgte in einem Temperaturbereich, welcher weitestgehend dem entsprach, in welchem zur Zeit die praxisübliche Vorratshaltung von Eichensaatgut erfolgt (SCHRÖDER 1999).

#### **4.1.1. Unterschiede zur Praxislagerung**

Im Unterschied zur üblichen Praxis wurden insbesondere im Tag / Nacht Wechsel schwingende Temperaturen ( $KOND_{SW}$ ) in ihrer Wirkung auf die Ausbildung von Frosthärte untersucht, da nach Beobachtungen von GUTHKE (1992) derartig schwingende Temperaturen eine stärkere Stimulans zur Ausbildung von Frosthärte ausüben als im Tagesverlauf gleichbleibende Temperaturen. Dies soll auch dann der Fall sein, wenn die Temperaturschwingungen höhere Temperatursummen und Durchschnittstemperaturen realisieren als eine Temperaturführung ohne Schwingung. Zum Vergleichen der Ergebnisse mit „klassischen“ Methoden wurde Saatgut bei im Tagesverlauf gleichbleibender Temperatur ( $KOND_{SC}$ ) und in einer Freilandmiete ( $KOND_{FL}$ ) konditioniert. Auf die Bedeutung unterschiedlicher Klimaführungen während der Konditionierungslagerung wird unter Punkt 4.1.2., S. 106 näher eingegangen.

Ein weiterer wesentlicher Unterschied zur Praxis lag in der Art und Dimension der Lagerbehälter. Durch die Konditionierung zunächst in Gitterkisten und nach der Sortierung in offenen, ca. 5,8l [ $\approx$  2kg Eicheln] fassenden Kunststoffcontainern wurden die Eicheln in offenen, kleinen, gut vom Lagerklima erreichbaren Einheiten konditioniert. Die im Konditionierungslager eingestellte Temperatur drang aufgrund der Umwälzung der klimatisierten Lageratmosphäre in die Lagerbehälter zwischen die Eicheln vor, wobei die Temperaturwechsel zwischen den Eicheln den Wechseln der Lageratmosphäre nachlaufen, sowohl bei der Aufnahme als auch bei der Abgabe ihrer thermischen Energie (Abb. 8, S. 51).

Durch die Sortierung des Saatgutes und die Lagerung getrennt nach Gewichtsklassen lagen zwischen den kleinen Eicheln bei höherer Stückzahl je Behälter kleinere Hohlräume zwischen den Eicheln vor, durch die klimatisierte Luft zirkulieren kann, als bei den großen Eicheln.

In der Praxis werden Eicheln unsortiert in lose verschlossenen Tonnen, großen Containern und Gitterboxen gelagert, was leicht zum „Schwitzen“ und Überhitzen in Folge von Stoffwechselaktivität führt (SCHÖNBORN 1964; WALKENHORST 1984; SUSZKA et al. 1996; SCHRÖDER 1999). SCHRÖDER (1999) konnte bei Traubeneicheln (*Quercus*

*petraea*) beobachten, dass nach mehr als 3 wöchiger Tonnenlagerung bei  $-3^{\circ}\text{C}$  in den Kotyledonen der Eicheln noch eine Temperatur von  $+1,75^{\circ}\text{C}$  zu messen war und dass die Eicheln äußerlich nass waren („Schwitzten“). Im Forest Seed Centre La Joux (Frankreich) versucht man nach Angaben von SCHRÖDER (1999), eine Umgebungstemperatur der Eicheln von  $-1^{\circ}\text{C}$  zu erreichen, indem  $-7^{\circ}\text{C}$  kalte Luft in den Lagerraum geblasen wird.

In den vorliegenden Versuchen wurde zwar nicht die Innentemperatur der Eicheln gemessen, sondern nur die Temperatur direkt zwischen den Eicheln, aber aufgrund der kleinen Lagereinheiten innerhalb der Klimakammern ist anzunehmen, dass die avisiereten Lagertemperaturen die Eicheln von Konditionierungsbeginn an erreichten. Ein Schwitzen oder Überhitzen wurde nicht beobachtet. Bei „humider“ Klimaführung mit Temperaturen über  $0^{\circ}\text{C}$  wurde in einigen Fällen Kondenswasserbildung auf den Eicheln beobachtet, wenn beim Aufwärmen der Lageratmosphäre und hoher Luftfeuchte die Eicheln offenbar kälter waren als die in der Klimakammer zirkulierende, ab  $+2^{\circ}\text{C}$  technisch befeuchtete Luft.

Eine oberflächliche Abtrocknung des Saatgutes erfolgte für die vorliegenden Versuche lediglich direkt im Anschluss an die Thermotheapie, um das Saatgut abgekühlt und trocken wieder zum Institut transportieren zu können.

Während der 21 tägigen Frosthärtetests war das Saatgut der jeweiligen Stichproben durch die Verpackung in Polyethylenbeutel vor der Luftzirkulation in den für die Durchführung der Frosthärtetests verwendeten Klimakammern geschützt.

#### **4.1.2. Klimaführung**

Bevor im folgenden die Ergebnisse der Konditionierungsversuche diskutiert werden, erscheint es im Interesse einer besseren Nachvollziehbarkeit der Ergebnisdiskussion sinnvoll zu sein, näher auf die Klimaeigenschaften einzugehen, um damit die Bedeutung und Wirkungsweise des Konditionierungsklimas für den Konditionierungserfolg zu verdeutlichen.

Aus den Angaben zu den während der Konditionierung auf die Eicheln einwirkenden Klimaten im Freiland und den Klimakammern wird deutlich, dass mit zunehmend tieferer Konditionierungstemperatur die Luftfeuchtigkeit in den Konditionierungslägern sank. Unabhängig davon, ob die Eicheln unter Tag / Nacht Wechseltemperaturbedin-

gungen ( $KOND_{SW}$ ), unter Bedingungen einer Freilandmiete ( $KOND_{FL}$ ) oder bei im Tagesverlauf gleichbleibender Temperatur konditioniert wurden, kann das in den beschriebenen Versuchen auf die Eicheln von *Quercus robur* einwirkende Konditionierungsklima hinsichtlich der Luftfeuchtigkeit grob in die zwei Kategorien „humid“ und „arid“ unterteilt werden. Als „humid“ bei Temperaturen um  $0^{\circ}C$  oder darüber und zunehmend „arid“ mit zunehmend tiefer reichender und länger andauernder Temperatur unter  $+2^{\circ}C$  bis  $0^{\circ}C$ . Die Übergänge sind dabei fließend. Mit den Begriffen „humid“ und „arid“ und damit verbunden „warm“ und „kalt“ sollen die Klimate hier nicht absolut beschrieben werden. Diese Begriffe dienen lediglich als vereinfachte Darstellung klimatischer Eckwerte. In diesem Sinne wurde das Klima in Kap. 2.2, S. 45 klassifiziert.

Am Beginn der Konditionierungslagerung stand bei den  $KOND_{SW}$  Varianten immer ein vergleichsweise „humides“ Klima, welches im Verlauf der Konditionierungslagerung durch die technischen Faktoren Luftumwälzung und Temperaturabsenkung, mit Unterschieden zwischen den Varianten, zunehmend „arideren“ Charakter erhielt (Abb. 5, S. 46; Abb. 6, S. 49).

Der Hintergrund hierfür liegt, wie sich aus STUART und KLAGES (1988) sowie LARCHER (1994) ableiten lässt, in unterschiedlichen Dampfpartialdrücken zwischen den Eicheln, der umgebenden Atmosphäre und dem kältesten Kontaktpunkt der Lageratmosphäre, die alle von den Eicheln weg zum nächst kälteren Punkt niedriger werden.

In einem abgeschlossenen Raum kommt die Verdampfung zum Stillstand, sobald die im Dampfraum vorhandenen Moleküle einen Sättigungsdruck ausüben. In den verwendeten Klimakammern, welche einen geschlossenen Raum bilden, wurde die Luft jedoch zur Kühlung an den Verdampfern (Kühlelemente) vorbei geführt, an denen in der Lageratmosphäre enthaltenes Wasser auskondensierte und gefror. Die Folge daraus ist, dass sich kein Dampfdruck im Raum sondern lediglich ein Partialdruck direkt an den Eicheln ausbilden konnte. Von dort aus breiten sich die Moleküle bei ruhender Luft (Eicheln innerhalb der Lagerbehälter) zunächst per Diffusion in den weiteren Raum aus, bis sie spätestens in der obersten Schicht der Eicheln im offenen Lagerbehälter der in den Klimakammern zirkulierende Luftstrom mitnimmt und an den Verdampfern vorbei führt.

Auf diesem Weg wurde ein beständiger Gradient im Lager installiert, der umso größer wurde, je tiefer die Temperatur am Verdampfer war und je stärker dem zu Folge dort die Kondensation und das Gefrieren von Wasserdampf aus der Atmosphäre erfolgte.

Für die verwendeten Anlagen gibt die Herstellerfirma RUMED<sup>®</sup> (2000, persönliche Mitteilung) bei einem gegebenen Sollwert für die Lufttemperatur eine Verdampfertem-

peratur von 8K unterhalb der Sollwerttemperatur an, d.h. werden die Eicheln direkt gekühlt, z.B.  $KOND_{SW}$  1997 / 1998 bei  $-3^{\circ}\text{C}$ , dann wirkt für die zirkulierende Umgebungsluft der Eicheln ein Dampfpartialdruckgradient gegen  $-11^{\circ}\text{C}$ .

Werden die Eicheln jedoch bei  $-3^{\circ}\text{C}$  von der zirkulierenden Umluft abgeschlossen unter Folienumhüllung in ihren Behältern konditioniert ( $KOND_{SCG}/KOND_{SCS}$  1997 / 1998), dann wirkt für die direkte Umgebungsluft nur ein Dampfpartialdruckgradient gegen die  $-3^{\circ}\text{C}$  kalte Behälterwand. Der Entzug von Wasserdampf aus der Lageratmosphäre ist geringer. An den Behälterwänden kann jedoch das Wasser kondensieren, was die im Versuch beobachtete Eisbildung nach sich zieht. Da auskristallisierendes Eis, aufgrund des niedrigeren Dampfpartialdruckes über Eis gegenüber einer unterkühlten Lösung (Cytosol) wie trockene Luft wirkt, wird auch in einem solchen abgeschlossenen Gefäß den Eicheln bei Temperaturen unter  $0^{\circ}\text{C}$  mit zunehmender Frosttiefe zunehmend mehr Wasser entzogen. Im Fall der  $KOND_{SCG}$  und  $KOND_{SCS}$  bei Konditionierung im  $-3^{\circ}\text{C}$  Dauerfrost, geschützt durch Folienumhüllung der Lagerbehälter, konnte die Austrocknung des Saatgutes dem entsprechend nur verzögert aber nicht aufgehalten werden.

SCHRÖDER (2000, persönliche Mitteilung) beobachtete in seinen Lagerversuchen in Tonnen ebenfalls Eisbildung an den Innenseiten der Lagertonnenwände, wobei sich das Saatgut trocken und nicht feucht oder nass anfühlte.

Bei Lagerung im Temperaturbereich unter  $0^{\circ}\text{C}$  wirken auf die Eicheln dementsprechend immer dehydratisierende Kräfte ein, die sich mit abnehmender Temperatur verstärken und durch eine indirekte Kühlung gegenüber einer direkten Kühlung nur bremsen aber nicht aufheben lassen. Den Möglichkeiten, die Lageratmosphäre technisch zu befeuchten, werden durch die Vereisung der Verdampfer Grenzen gesetzt (Kap. 2.2, S. 45).

Das Ausmaß und die Dauer des Einwirkens dieser Kräfte üben einen direkten Einfluss auf die Vitalitätsentwicklung und die erreichbare Frosthärte der eingelagerten Eicheln aus.

Im Rahmen der durchgeführten Versuche kann die Möglichkeit eines klimatischen Positionsvorteils einzelner Eicheln oder ganzer Saatgutpartien in der Klimakammer oder dem Lagerbehälter aufgrund der randomisierten Probenentnahme aus den Behältern unterschiedlicher Positionen in der Klimakammer und der im Zuge der Probenziehung erfolgten Durchmischung des Saatgutes in den Lagerbehältern weitestgehend ausgeschlossen werden.

Konditionierungstemperaturen unter 0°C müssen als Frosthärtetests mit kurzer Wirkdauer des Stressfaktors Temperatur (und als Folge daraus der Luftfeuchtigkeit) im Verlauf der KONDS<sub>SW</sub> (1996 / 1997 und 1997 / 1998) und mit andauernder Frosteinwirkung auf die Eicheln der KONDS<sub>SC</sub> (1997 / 1998) aufgefasst werden, wobei die weitere Prüfung der Eicheln im FHT zur Erfassung einer möglicherweise noch tieferen Frosthärte durchgeführt wurde, als sie den Eicheln durch die Konditionierungsbehandlung allein schon abverlangt worden ist.

#### **4.2. Einfluss der Konditionierungslagerung auf die Vitalität der Eicheln**

Die Versuche haben gezeigt, dass mit der Wahl des Konditionierungsklimas in den Klimakammern während der Konditionierungslagerung ein Selektionsfaktor installiert wird, welcher die eingelagerten Saatgutpopulationen insbesondere nach ihrer Trocknungsneigung und ihrer Trocknungssensibilität, aber auch nach ihrer Frosttoleranz entmischen kann. Das Konditionierungsklima wirkt dabei offenbar primär über die Einflussnahme auf den Wasserhaushalt der Eicheln auf den Erhalt oder Verlust der „allgemeinen Vitalität“ der Eicheln und der Entwicklung und Ausprägung ihrer Frosthärte. In Abb. 48, S. 191 wird dies schematisch dargestellt.

Der Begriff „allgemeine Vitalität“ soll die Vitalität der konditionierten aber nicht im anschließenden Frosthärtetest gestressten Eicheln bezeichnen, d.h. die Vitalität der Konditionierungskontrolle. Die allgemeine Vitalität einer Saatgutpopulation einer Konditionierungsvariante wird als um so höher bewertet, je mehr Eicheln einer Stichprobe der Konditionierungskontrolle im Keimtest mit ihrer Sprossachse keimten, bzw. je mehr Eicheln einer Stichprobe der Konditionierungskontrolle im Schnitttest als potentiell vital eingestuft wurden.

Unter rekazitranzkonformen „humiden“ Konditionierungsbedingungen (KOND<sub>FL</sub> und KOND<sub>SCG</sub> 1997 / 1998 sowie KOND<sub>SW</sub> Variante 3 1996 / 1997) konnten schon während der Konditionierungslagerung im Schnitttest erfrorene Eicheln bonitiert werden (Anhang 1, Tab. 19, Tab. 20; Anhang 2, Tab. 67, Tab. 68, Tab. 69), wobei gleichzeitig die allgemeine Vitalität verglichen mit Eicheln aus „arider“ Konditionierung auf vergleichsweise hohem Niveau gehalten werden konnte.

Die im Versuchsjahr 1997 / 1998 aufgrund der von Versuchsbeginn an „humiden“ Konditionierung in der Freilandmiete am wenigsten durch Wasserentzug gestressten

Eicheln der  $KOND_{FL}$  hielten während der gesamten Versuchsdauer, auch nach Überführung unter „aride“ Konditionierungsbedingungen der  $KOND_{SW}$ , eine hohe allgemeine Vitalität aufrecht (Abb. 12, S. 64), zeigten jedoch im Schnitttest in einigen Fällen Erfrierungserscheinungen und am Versuchsende nach Konditionierung in der  $KOND_{SW}$  auch Trocknungsschäden (Anhang 1, Tab. 19, S. 210; Tab. 20, S. 211).

Die in einem sich langsam von „humid“ nach „arid“ verändernden Klima konditionierten Eicheln der  $KOND_{SW}$  ließen nach 153 Tagen Konditionierungsdauer rapide an allgemeiner Vitalität nach (Abb. 13, S. 67), wobei im Schnitttest zunehmend mehr vertrocknete Eicheln vorgefunden wurden (Anhang 1, Tab. 19, S. 210; Tab. 20, S. 211).

Die Eicheln aus der von Anfang an „ariden“ Konditionierungslagerung der  $KOND_{SC}$  zeigten schon nach 69 Tagen Konditionierungsdauer einen dramatischen Verlust der allgemeinen Vitalität. Nach dem Abschwemmen und der weiteren Konditionierungslagerung unter einer vor Zirkulation der  $-3^{\circ}C$  kalten Luft schützenden Folienabdeckung zeigten die Eicheln der  $KOND_{SCG}$  nur wenig schwächere Keimergebnisse als die Eicheln der  $KOND_{SW}$ , die Varianten waren also wieder gleichwertig. Die abgeschwemmten Eicheln der  $KOND_{SCS}$  zeigten erwartungsgemäß ein sehr niedriges Niveau der allgemeinen Vitalität, da der größte Teil der abgeschwemmten Saatgutpartie vertrocknet war. Der vitale Anteil der  $KOND_{SCS}$  verhielt sich in der Entwicklung der allgemeinen Vitalität während der folgenden Konditionierungslagerung jedoch genauso, wie die Eicheln der  $KOND_{SCG}$  nur auf niedrigerem Niveau (Abb. 14, S. 70; Abb. 15, S. 71). Die prozentuale Zunahme des Anteils als vertrocknet bonitierter Eicheln insbesondere zwischen den letzten beiden Prüfterminen erfolgte trotz der vor zirkulierender Luft schützenden Folienabdeckung bei beiden aus der  $KOND_{SC}$  hervorgegangenen Varianten in etwa gleichem Ausmaß.

#### **4.2.1. Bedeutung des Wassergehaltes – Grenze des Wasserentzuges**

Betrachtet man bei den Klimakammervarianten die in den als potentiell vital bonitierten Eicheln vorgefundenen Wassergehalte in der Embryonenfrischmasse (Versuchsjahr 1997 / 1998), so zeigt sich, dass dieser Wert im Mittel 39% nicht unterschreitet. Unabhängig davon, wie viele Eicheln einem Trocknungsstress während der Konditionierung zum Opfer fallen, der verbleibende Anteil als potentiell vital bonitierter Eicheln zeigt eine untere Grenze von im Mittel 39% Embryonenwassergehalt. Daraus folgt, dass der

Selektionsdruck seitens des Konditionierungsklimas in Klimakammern scheinbar primär die Trocknungsneigung einzelner Genotypen erfasst.

Die Abnahme der allgemeinen Vitalität und damit der Verlust an Genotypen werden umso stärker, je länger rekalkitranzkonträre Klimabedingungen auf die Eicheln einwirken. D.h. mit zunehmender Dauer des Einwirkens „arider“ Klimabedingungen werden zunehmend mehr Eicheln mit geringer Trocknungsneigung betroffen, welche einen zunehmend geringeren Anteil der im Lager befindlichen Eicheln repräsentieren.

Die Eicheln, die am längsten den dehydratisierenden Bedingungen standhalten konnten, waren offenbar Genotypen mit besonders hoher Trocknungstoleranz und/oder besonders niedriger Trocknungsneigung.

Mit den durchgeführten Vergleichen an Eicheln unterschiedlicher Gewichtsklassen (Kap. 3.4, S. 120) und unterschiedlicher Mutterbäume (Kap. 3.5, S. 127) konnte gezeigt werden, dass sich zunehmend leichtere Eicheln durch eine höhere Trocknungsneigung auszeichnen und dass zwischen den Absaaten einzelner Mutterbäume sowie innerhalb der Nachkommen eines Mutterbaumes eine weite Streuung in sowohl der Trocknungstoleranz als auch der Trocknungsneigung vorliegen kann. Der Bereich zwischen 35% und 40% Kotyledonenwassergehalt in der Frischsubstanz markierte hier einen Übergang in dem sowohl noch vitale als auch schon vertrocknete Eicheln auftraten, unterhalb von 35% wurden nur noch vitale „Ausreißer“ angetroffen. Das zeigt, dass es hinsichtlich des Mindestwassergehaltes in Eicheln keine scharfe Grenze, sondern einen diffusen Übergang gibt, wobei das höhere Niveau der allgemeinen Vitalität einer eingelagerten Saatgutpopulation offenbar nur mit höheren Wassergehalten ab 40% und darüber erreichbar ist. Dieser Wert entspricht der Größenordnung, wie sie in der Fachliteratur häufig publiziert wird (u.a. LACROIX 1986; WALKENHORST 1989; GOSLING 1989; SUSZKA et al. 1996; SCHRÖDER 1999).

Die Grenze des unteren kritischen Wassergehaltes für das Überleben rekalkitranter Samen könnte nach den an Eicheln von *Quercus robur* gewonnenen Ergebnissen von GRANGE und FINCH-SAVAGE (1992) durch den Verlust des freien, nicht an eine Matrix gebundenen zellulären Wassers markiert sein, welcher in weiten Grenzen zwischen Arten und, wie die hier gezeigten Ergebnisse darlegen, innerhalb einer Art zwischen den Nachkommen unterschiedlicher Mutterbäume und innerhalb der Nachkommenschaft eines Mutterbaumes variieren.



Der Hauptbindungsort für das matrixgebundene Wasser ist die in den Eicheln im Rahmen der Trockensubstanzbildung als Reservestoff eingelagerte Stärke (GRANGE und FINCH-SAVAGE 1992). Mit zunehmender Stärkeeinlagerung nimmt der Anteil des matrixgebundenen Wassers in den Kotyledonen zu und ist dort nach FINCH-SAVAGE et al. (1992) beim Fruchtfall größer als in den Embryoachsen.

Weitere Bindungsorte für Wasser stellen in Zellen die Oberflächen von Membranen und Organellen dar, so dass im Zuge der fortschreitenden Keimung rekalzitranter Samen durch Veränderungen der subzellulären Strukturen (Entwicklung von Mitochondrien und endoplasmatischem Reticulum, Polysomenbildung, Vakuolisierung), Zellteilung und Zellstreckung der Bedarf an strukturgebundenem Wasser und damit die Trocknungssensibilität der untersuchten Samen von *Avicennia marina* (Mangrovengehölz) und *Landolphia kirkii* (tropischer Waldbaum) zunimmt (BERJAK et al. 1984; FARRANT et al. 1986; FARRANT et al. 1988; PAMMENTER et al. 1994).

Von Eicheln ist bekannt, dass sie in Jahren mit humider, warmer Witterung bereits am Mutterbaum mit der Radikulakeimung beginnen können (*Quercus petraea*) (SUSZKA et al. 1996) und dass auch bei kühl-feuchter Lagerung (*Quercus robur*, 0,5°C im Mantelkühlraum) die Radikulakeimung fortschreitet (GUTHKE 1992).

Nach Beobachtungen von FINCH-SAVAGE et al. (1996) nimmt während der Lagerung die Trocknungssensibilität bei Eicheln von *Quercus robur* zu, so dass ein Vitalitätsverlust auch bei humid gelagertem Saatgut bei höheren Samenwassergehalten auftritt als bei frisch geernteten Samen.

Zwischen den Geweben von Embryoachse und Kotyledonen besteht dabei ein unterschiedliches Niveau in der Trocknungstoleranz. Durch Trocknungsexperimente konnten GRANGE und FINCH-SAVAGE (1992) zeigen, dass Eicheln von *Quercus robur* in ihren Kotyledonen und Embryoachsen unterschiedliche Anteile an matrixgebundenem und freiem Wasser aufweisen und stellten die Hypothese auf, dass wenn Zellen innerhalb rekalzitranter Samen den Verlust des freien zellulären Wassers nicht überleben, dieses seine Ursache in unterschiedlichen Niveaus der Trocknungssensibilität zwischen den Geweben hat.

FINCH-SAVAGE (1992) beobachtete, dass explantierte Embryoachsen niedrigere Wassergehalte überlebten als intakte Samen. In intakten Samen schien der Vitalitätsverlust vom Unterschreiten des kritischen Wassergehaltes in den Kotyledonen abhängig zu sein, was den Vitalitätsverlust der Embryoachse nach sich zog. D.h. die Vitalität der Embryoachsen wird offenbar durch den Wassergehalt der Kotyledonen bestimmt.

Untersuchungen am rekalzitranten Saatgut von *Castanea sativa* führten LEPRINCE et al. (1999) zu vergleichbaren Ergebnissen, nach denen die Embryoachsen sich als trocknungstoleranter erwiesen als die Kotyledonen.

BERJAK et al. (1990) argumentieren nach Experimenten mit *Landolphia kirkii*, dass die im Vergleich zum ganzen Samen ausgeprägtere Trocknungstoleranz explantierter Embryoachsen rekalzitranter Samen darin liegt, dass diese sich schneller trocknen lassen während ganze Samen, welche bei rekalzitranten Arten meistens vergleichsweise groß sind, vergleichsweise langsam trocknen, wobei die keimungsassoziierten Vorgänge während der Trocknung langsam weiter fortschreiten.

PRITCHARD (1991) schloss für seine Beobachtungen an *Quercus rubra* einen Zusammenhang zwischen Keimungsfortschritt und Veränderungen der Trocknungstoleranz bei unterschiedlichen Trocknungsraten aus, da sich in seinen Experimenten der Wassergehalt der explantierten Embryoachsen um 25% bewegte, während nach seinen Angaben um 75% in der Frischsubstanz für den Keimprozess notwendig sind.

Aus Trocknungsexperimenten mit *Araucaria hunsteinii* schlossen PRITCHARD et al. (1995), dass die um den Faktor 200 schnellere Trocknungsrate explantierter Embryoachsen gegenüber Embryoachsen aus intakten Samen letztlich nur einen vergleichsweise geringen Effekt auf die Trocknungstoleranz hatte. Die Grenze des kritischen unteren Wassergehaltes wurde zwar von ca. 41% auf 34% nach unten verschoben, gemessen an der Wassersorptionsisotherme liegt der erzielte Grenzwert mit ca.  $-4\text{MPa}$  jedoch im Bereich des unteren kritischen Wassergehaltes von *Quercus rubra* (PRITCHARD 1991) und *Quercus robur* (POULSEN 1992).

CHANDEL et al. (1995) vermuten, dass die Großsamigkeit und die unterschiedlichen Gewebetypen innerhalb der Samen von *Camellia sinensis*, *Theobroma cacao* und *Artocarpus heterophyllus* möglicherweise Probleme beim Wassertransport innerhalb der Samen bereiten, was zum rekalzitranten Verhalten der Samen beitragen könnte.

In einer kritischen Anmerkung weist PRITCHARD (1991) darauf hin, dass die Reaktionen auf Trocknungsexperimente nur während einer sehr beschränkten Dauer der Trocknungsbehandlungen von nur wenigen Stunden beobachtet werden konnten und betont die Bedeutung längerfristiger Lagerversuche für eine weitere Bewertung der vorgefundenen Reaktionen.

In den für diese Arbeit durchgeführten Versuchen waren die Eicheln für vergleichsweise lange Zeiträume Konditionierungsbedingungen mit unterschiedlich stark ausgepräg-

ten dehydratisierenden Bedingungen bei Temperaturen um 0°C und darunter ausgesetzt. Dabei vollzog sich der Trocknungsvorgang verglichen mit den z.B. über Silikagel und im laminaren Luftstrom von in vitro Werkbänken meistens im Bereich um 20°C durchgeführten Experimenten anderer Autoren (z.B. PRITCHARD 1991; FINCH-SAVAGE 1992; FINCH-SAVAGE und BLAKE 1994; FINCH-SAVAGE et al. 1996; LEPRINCE et al. 1999) mit sehr geringen Raten über einen langen Zeitraum.

Mit keiner Konditionierungsvariante, weder mit der im Vergleich der Versuche stark trocknenden KONDS<sub>SC</sub> während der ersten 69 Tage Konditionierungsdauer noch mit „sanfterer“ Trocknung unter den Bedingungen der KONDS<sub>SW</sub> konnte bei den Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' im Versuchsjahr 1997 / 1998 Trocknungstoleranz über ein durch den rekalzitranten Charakter der Eicheln diktiertes Limit (s.o.) hinaus „induziert“ werden. Da bei den Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' der „ariden“ KONDS<sub>SW</sub> Variante 2 des Versuchsjahres 1996 / 1997 keine Trocknungsschäden im Schnitttest sichtbar waren, könnte hier eine unterschiedliche Trocknungssensibilität bei Eicheln gleicher Art aus unterschiedlicher Herkunft oder unterschiedlichen Erntejahren vorliegen.

Nach FINCH-SAVAGE und BLAKE (1994) treten in der Trocknungstoleranz bei Eicheln von *Quercus robur* temporäre, an die fortschreitende Fruchtentwicklung geknüpfte Unterschiede auf, indem mit fortschreitender Reife der Eicheln am Mutterbaum deren Wassergehalt abnimmt und zum Zeitpunkt des Fruchtfalls die Trocknungstoleranz der Eicheln um so größer ist, je niedriger der dann erreichte Wassergehalt ist. Dem entsprechend zeichneten sich nach FINCH-SAVAGE und BLAKE (1994) spät gefallene Eicheln durch eine höhere Trocknungstoleranz aus als früh gefallene Eicheln mit entsprechendem Unterschied zwischen Jahren mit frühem und spätem Fallzeitpunkt.

An den rekalzitranten Samen von *Aesculus hippocastanum* L. konnten TOMPSETT und PRITCHARD (1993) ebenfalls eine Zunahme der Trocknungstoleranz bis zum Fruchtfall beobachten, welche nach FARRANT und WALTERS (1998) im Verlauf der Samenentwicklung in drei deutlich getrennten Phasen in Erscheinung tritt. Dabei können die Embryonen jedoch keine den orthodoxen Samen vergleichbare Trocknungstoleranz entwickeln, da die Embryonen nach dem Fruchtfall physiologisch noch nicht völlig ausgereift sind und einen aktiven Stoffwechsel zeigen.

Beobachtungen an den Samen tropischer Arten z.B. *Avicennia marina* (FARRANT et al. 1986) und *Landolphia kirkii* (BERJAK et al. 1990) führten ebenfalls zu der Schlussfolgerung, dass zwischen Samen unterschiedlicher Reifetermine innerhalb einer Saison sowie

zwischen den Saaten aufeinander folgender Saisons Abweichungen in der Trocknungstoleranz auftreten können.

Phasen unterschiedlicher Trocknungstoleranz konnten auch am letztendlich trockenstoleranten orthodoxen Saatgut beobachtet werden. An Samen von *Phaseolus vulgaris* konnten DASGUPTA et al. (1982) zeigen, dass die Fähigkeit, Trocknungsvorgänge über Silicagel zu überleben, mit Erreichen des maximalen Frischgewichtes (26 Tage nach Anthese) erlangt wurde und danach eine Weiterentwicklung erfuhr. Vor Erlangen der trockenstoleranten Phase führen Wasserentzug und Rehydratation des Samens zu massiven Schädigungen der Embryoachse.

Am orthodoxen Saatgut von *Glycine max* L. konnte beobachtet werden, dass in die etappenweise fortschreitende Entwicklung von Trocknungstoleranz in reifenden Sojabohnen (SUN und LEOPOLD 1993) ein an Entwicklungsstadien gekoppelter Zuckermetabolismus involviert ist (SUN et al. 1994). Die volle Trocknungstoleranz erreichten Sojabohnen erst mit dem gemeinsamen Auftreten von Saccharose und Stachyose 55 Tage nach der Anthese, während 40 – 42 Tage nach der Anthese der hohe Saccharosegehalt allein nicht zur Ausbildung der maximalen Trocknungstoleranz ausreichte.

An keimenden Embryoachsen reifer Bohnen konnten DASGUPTA et al. (1982) beobachten, dass Wasserentzug und Rehydratation innerhalb der ersten 12h nach Beginn des Quellvorganges das Sämlingswachstum nicht beeinflussen, dass sich danach jedoch die Trocknungstoleranz abbaut und Wasserentzug zu irreversiblen Schädigungen führt.

Da Eicheln direkt nach dem Fruchtfall durch die bereits begonnene bzw. sofort initiiertbare Keimung schon äußerlich erkennbar aktiv sind und bereits bei niedrigem Dampfdruckgefälle im Lager der Anteil vertrockneter Eicheln zunimmt, wird hier die folgende Auffassung anderer Autoren (BERJAK et al. 1984; FARRENT et al. 1988; BERJAK et al. 1990) geteilt.

Danach sind Eicheln nicht mit orthodoxen Samen vergleichbar, deren Übergang in eine trockenstolerante Phase zur Reifetrocknung von einer geordneten Abnahme der Stoffwechselaktivität begleitet wird, sondern eher mit orthodoxen Samen, die nach der Quellung im Zuge der Keimung ihre Trocknungstoleranz verlieren.

#### 4.2.2. Trocknungsschädigung und Zuckerhaushalt

Auf zellulärer Ebene wird als Schlüsselereignis bei der Entstehung von Trocknungsschäden an rekalcitrannten Samen die Schädigung der Zellmembranen angesehen (HENDRY et al. 1992; PAMMENTER et al. 1994; LEPRINCE et al. 1999; TOMMASI et al. 1999). Nach Ansicht von LE PAGE-DEGIVRY und GARELLO (1991) liegt eine Schlüssel-funktion beim Erwerb der Trocknungstoleranz sich entwickelnder Samen in der Stabilität von Membranen.

Die Funktion von Saccharose für den Schutz der strukturellen Integrität von Membranen konnte an Modelexperimenten gezeigt werden (CAFFERTY et al. 1988), wobei der schützende Effekt in einer cytoplasmatischen Verglasung, in der Bildung glasartiger Zustände gesehen wird (KOSTER UND LEOPOLD 1988; WILLIAMS UND LEOPOLD 1989; BRUNI UND LEOPOLD 1991, KOSTER 1991).

In vergleichenden Experimenten mit Eicheln von *Quercus rubra* und Samen von *Glycine max* konnten SUN et al. (1994) zeigen, dass jedoch erst das gemeinsame Vorhandensein von Saccharose (47,8 mg/g Frischmasse) und Oligosacchariden (Stachyose im Mittel 18,1 mg/g Frischmasse, Raffinose im Mittel 3,7 mg/g Frischmasse) in Sojabohnen die Entwicklung der vollständigen Trocknungstoleranz 55 Tage nach der Anthese ermöglichte. Die Eicheln von *Quercus rubra* wiesen zwar den Sojabohnen entsprechende Saccharosegehalte auf, aber keines der begleitenden Oligosaccharide wurde in den Kotle-donen der trockenungssensibleren Roteicheln gefunden. Die Trocknungssensibilität der Roteicheln entsprach der von unreifen Sojabohnen 40 – 42 Tage nach der Anthese.

SUN et al. (1994) konnten zwar in den Kotle-donen der Roteicheln Verglasungsvorgänge wie bei den Sojabohnen feststellen, die Membranen der Roteichelkotle-donen waren jedoch nicht dazu in der Lage, die flüssig-kristalline Phase aufrecht zu erhalten. Raffinose kann nach CAFFREY et al. (1988) das Vermögen der Saccharose, einen flüssig-kristallinen Zustand beizubehalten, deutlich erhöhen.

Da Eicheln hinsichtlich ihrer Trocknungssensibilität ähnlich reagieren wie keimende orthodoxe Samen, soll hier auch auf Ergebnisse hingewiesen werden, welche an solchen Studienobjekten gewonnen wurden. An keimenden *Glycine max*, *Pisum sativum* und *Zea mays* beobachteten KOSTER UND LEOPOLD (1988), dass während der trockenungstoleranten Phase Saccharose und größere Oligosaccharide (Stachyose, Raffinose) gemeinsam vorkamen, dass aber mit dem Abbau der Oligosaccharide bei fortschreitender Quel-

lung der Samen die Trocknungstoleranz verloren ging. Gleichzeitig nahm der Gehalt an Monosacchariden (Glucose) zu und stellte nach Verlust der Trocknungstoleranz den Hauptanteil an gelösten Zuckern. KOSTER und LEOPOLD (1988) vermuten, dass der reduzierende Zucker Glucose über die Maillard-Reaktion an der Schädigung trockenungsintoleranter Embryoachsen beteiligt sein könnte.

Bei der Maillard-Reaktion handelt es sich um eine komplexe Serie nichtenzymatischer Reaktionen, deren erste Schritte bei niedrigem Feuchtegehalt auftreten können, an deren Ende in Abhängigkeit von den Reaktionsbedingungen eine Vielzahl von Produkten stehen können und die durch ihre Reaktion mit Aminogruppen Proteine inaktivieren und DNA schädigen können (SALTMARCH et al. 1981; FUJIMAKI et al. 1986; NURSTEN und O'REILLY 1986, alle cit. ex. KOSTER und LEOPOLD 1988).

In den eigenen Versuchen zeigte sich, dass mit zunehmend kälter und „arider“ werdendem Klima die Saccharose ihre Bedeutung als Gefrierschutz in den potentiell vitalen Eicheln offenbar zunehmend verlor (Kap. 4.3, S. 159; Abb. 28, S. 95). Die mit fortschreitender Konditionierungsdauer zunehmend auftretenden Eicheln mit Trocknungsschäden zeichneten sich im Vergleich zu potentiell vitalen Eicheln jedoch durch sehr hohe Saccharosegehalte aus (Eicheln der KOND<sub>FL</sub> nach Überführung in die KOND<sub>SW</sub>, KOND<sub>SW</sub>, KOND<sub>SC</sub> und KOND<sub>SCG</sub> 1997 / 1998).

Durch den fortlaufenden Wasserentzug kommt es im Cytosol zu einer zunehmenden Zuckeranreicherung (Tab. 10, S. 96; Tab. 11, S. 98), auch von Glucose und Fructose, während die in der Trockensubstanz gefundenen Glucose- und Fructosegehalte bei vertrockneten Eicheln niedriger ausfielen als bei potentiell vitalen Eicheln (Anhang 1, Tab. 34, Tab. 35, Tab. 43, Tab. 44, Tab. 52, Tab. 53).

LEPRINCE et al. (1999) schlossen aus Trocknungsexperimenten mit *Castanea sativa* Mill., dass die im Vergleich zur Embryoachse trockenungssensibleren Kotyledonen während des Trocknungsprozesses bei Raumtemperatur nicht dazu in der Lage waren ihren Stoffwechsel zu drosseln. Dagegen zeichnet sich hier bei kalt „arid“ gelagerten Eicheln eher ab, dass sie am unteren Schwellenwert des Wassergehaltes unter dehydratisierenden Klimabedingungen wieder vermehrt beginnen Hexosen zu metabolisieren, d.h. ihren durch niedrige Temperaturen in Zwangsrufe gehaltenen Stoffwechsel ankurbeln.

Der Hintergrund hierfür liegt möglicherweise darin, dass die Eicheln auf diesem Weg versuchen, Wasser aus Hexosen aufzuschließen und den Saccharosegehalt zu erhöhen, durch Verschiebung der Zuckerrelationen zueinander und/oder durch Neusynthese von

Saccharose. Letzteres kann die ausgesprochen hohen Saccharosegehalte eher erklären als eine Relationsverschiebung allein.

BROWSE und SIEDOW (2000) weisen darauf hin, dass Glycolyse und Citratcyklus neben ihrer Rolle bei der Atmung auch in die Synthese einer großen Zahl pflanzlicher Metabolite involviert sind, so dass viele der reduzierten Kohlenstoffverbindungen, die bei der Glycolyse und im Citratcyklus anfallen, nicht zu CO<sub>2</sub> oxidiert werden, sondern zur Biosynthese von z. B. Lipiden und Aminosäuren herangezogen werden. Möglicherweise liegt in der Synthese von vor Trocknungsschäden schützenden Verbindungen ein Grund für eine mögliche Zunahme der Atmungsintensität bei Trocknungsstress.

Die enzymatische Untersuchung der Zuckergehalte in Eicheln von *Quercus robur* und *Quercus petraea* zeigte nur „Spuren“ von Raffinose (GUTHKE 1992), so dass möglicherweise im Fehlen oder in einer zu geringen Menge der vorliegenden Raffinose eine Begründung dafür liegt, dass die hohen Saccharosegehalte die Eicheln nicht vor Trocknungsschäden schützen konnten.

Möglicherweise, waren die „Spuren“ von Raffinose jedoch auch nur das Ergebnis eines Verdünnungseffektes der Mischproben (s. S. 133), innerhalb derer ein kleiner Anteil an untersuchten Eicheln vergleichsweise hohe Raffinosewerte aufwiesen.

Den Hintergrund für diese Sichtweise liefert die Beobachtung, dass die potentiell vitalen Eicheln der KONDS<sub>SCS</sub> z.T. deutlich höhere Saccharosegehalte aufwiesen als die vertrockneten Eicheln, sich hier also ein gegenteiliges Bild zu den Eicheln der anderen Konditionierungsvarianten des Versuchsjahres 1997 / 1998 zeigt (Anhang 1, Tab. 63).

Die Ursache hierfür liegt möglicherweise in den während der Konditionierungslagerung erfolgten Selektionsprozessen. Nach 69 Tagen Konditionierungsdauer wurde die Ausgangsvariante KONDS<sub>SC</sub> abgeschwemmt. Die abgeschwemmten Eicheln wurden in der Variante KONDS<sub>SCS</sub> unter einer Folienschutzhaube weiter beobachtet. Diese Eicheln waren, im Gegensatz zu denjenigen, welche auf den Behältergrund sanken und der KONDS<sub>SCG</sub> zugeteilt wurden, diejenigen welche dem stärksten Trocknungsstress ausgesetzt waren und diesen überlebten. Möglicherweise war diesen Eicheln das zeitlich begrenzte Überdauern massiver Trocknungsstressbedingungen möglich, weil sie u.a. über einen gewissen Raffinosegehalt verfügten, der im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht bestimmt wurde, und der jedoch, sollte er in diesen Eicheln vorgelegen haben, diesen nicht zur Trocknungstoleranz im Sinne vom orthodoxen Saatgut verhalf.

Nach FINCH-SAVAGE und BLAKE (1994) steht die Trocknungssensibilität der Eichel von *Quercus robur* nicht mit einer unzureichenden Anreicherung gelöster Zucker im Zusammenhang, da in der Trockenmasse von Embryoachsen Saccharose (118 mg / g), Raffinose (14 mg / g), Glucose (124 mg / g) und Fructose (33 mg / g) mit einem Saccharose:Raffinose-Verhältnis (8,4:1) vorliegen, wie es in etwa von KOSTER (1991) bei trockenungstoleranten Maisembryonen gefunden wurde (Saccharose 170 mg / g und Raffinose 30 mg / g Trockenmasse; (5,6:1)). In entsprechender Weise schließen SUN et al. (1994), dass die Ursache der Trocknungstoleranz orthodoxer Samen sich nicht allein durch das Vorhandensein von im Cytoplasma gelösten Zuckern erklären lässt.

Aus im folgenden Abschnitt zitierten Publikationen zur Rekalzitranz der Eichel geht hervor, dass neben Saccharose auch die Anwesenheit weiterer Membranen und Proteinkomplexe stabilisierender und an der Osmoregulation beteiligter Verbindungen weder die Trocknungssensibilität der Eichel senken noch die Trocknungstoleranz orthodoxer Samen erklären können.

#### **4.2.3. Dehydrin und Prolin**

Während der späten Embryogenese, charakterisiert durch überwiegend Zelldifferenzierung, reichern sich in den orthodoxen Samen dicotyler Arten vorm Wasserentzug aus den Samen an der Pflanze mit zunehmender Trocknungstoleranz Proteine an, deren Gehalt mit abnehmender Trocknungstoleranz während der Keimung wieder abnimmt (GALAU et al. 1991). Diese sogenannten, hochgradig hydrophilen LEA (late embryogenesis abundant) Proteine und ihnen homologe Verbindungen reichern sich bei Trocknungsstress in vegetativen Geweben an (CLOSE et al. 1989) und schützen die Zellen während der Trocknung durch Bindung an makromolekulare Strukturen (DURE et al. 1989).

Da LEA Proteine auch mit dem Erwerb der Trocknungstoleranz von Samen in Verbindung gebracht werden (KERMODE 1990; BLACKMAN et al. 1991), wurde vermutet, dass diese Proteine in trockenungssensiblen rekalzitranen Samen nicht vorhanden sind (BRADFORD und CHANDLER 1992; FARRANT et al. 1992; FARRANT et al. 1993).

FINCH-SAVAGE et al. (1994) konnten zeigen, dass sowohl in den Embryoachsen als auch in den Kotyledonen der rekalzitranen Samen von *Quercus robur* Dehydrin Proteine vorkommen, sich dort während der Samenentwicklung anreichern und auch nach 50



tägiger Lagerung bei 1°C unter humiden Bedingungen noch immunologisch nachweisbar sind. LEA mRNA konnte in gelagerten Samen jedoch nicht nachgewiesen werden, was darauf hindeutet, dass die Transkription von LEA mRNA vor dem Fruchtfall endet (FINCH-SAVAGE et al. 1994). Die Autoren weisen darauf hin, dass die Einstellung der Transcription der LEA mRNA mit dem rapiden Abbau der ABA-Gehalte in den Embryoachsen zusammenfällt, welcher vorm Fruchtfall beobachtet wurde und dass das Auftreten von LEA mRNA in gelagerten Früchten durch begrenzte Entwässerung und ABA-Applikation zu induzieren war.

FINCH-SAVAGE und BLAKE (1994) meinen mit Hinweis auf die von GALAU et al. (1991) an Baumwollsamensamen gefundenen Ergebnisse, dass die Samen von *Quercus robur*, die mit beinahe maximalem Frischgewicht vom Baum fallen, die bei orthodoxen Samen in dieser Phase auftretende starke Zunahme der Dehydrin mRNA fehlt und damit ein Schritt, von dem angenommen wird, dass er die Embryonen orthodoxer Samen auf die weitere Trocknung vorbereitet (GALAU et al. 1991).

BLACKMAN et al. (1991) schlossen aus ihren Arbeiten an den orthodoxen Samen von *Glycine max*, dass allein die Anwesenheit von Dehydrin Proteinen nicht ausreicht, um eine vollständige Trocknungstoleranz herbeizuführen.

Wenn die vorgefundenen Dehydrin Proteine auch nicht ausreichen, um in rekalzitrannten Samen eine den orthodoxen Samen vergleichbare Trocknungstoleranz zu erzeugen, so übernehmen sie nach Meinung von FINCH-SAVAGE et al. (1994) doch eine gewisse Schutzfunktion beim Auftreten von Stress durch Wasserentzug.

Da FINCH-SAVAGE et al. (1994) zum Dehydrin homologe Proteine außer in Eicheln auch in den rekalzitrannten Samen von *Castanea sativa* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Acer saccharinum* L. und den trockenstoleranten Samen von *Acer platanoides* L. fanden, kann nach ihrer Meinung das Vorhandensein oder nicht Vorhandensein von Dehydrin Proteinen kein Kriterium für die Identifizierung rekalzitranter Samen darstellen.

In höheren Pflanzen gehört die Aminosäure Prolin zu den am weitesten verbreiteten compatible solutes, dessen Gehalt unter Stresseinwirkung u.a. durch Trocknung, Kälte und steigenden Salzgehalt dramatisch zunimmt (KUZNETSOV und SHEVYAKOVA 1999). POULSEN (1992) konnte in Trocknungsexperimenten mit Embryoachsen von *Quercus robur* zeigen, dass die sich osmotisch einstellenden Embryoachsen einen 14 bis 16-fachen Anstieg des anfänglichen Prolingehaltes auf 8,9 mg/g Trockensubstanz (ca. 1%

der TS) aufwiesen. Der Beitrag zur Senkung des Wasserpotentials auf  $-9,7$  MPa betrug jedoch nur 2 – 3 %, so dass die Autorin eine offensichtliche Beteiligung anderer osmotisch wirksamer Substanzen an der Abnahme des Wasserpotentials schlussfolgerte und darauf hinwies, dass selbst wenn der osmoregulatorische Beitrag des Prolins eher gering ist, das Prolin doch als effektives Agens beim Schutz vor Frostschäden durch Stabilisierung der Plasmamembranen mitwirken könnte.

KUZNETSOV und SHEVYAKOVA (1999) stellen in ihrem Review-Artikel u.a. die Funktionen des unter Stresseinwirkung akkumulierenden Prolins als Osmoregulator, als schützendes Element für Makromoleküle und Membranen, als Komponente von Stressproteinen und Rezeptoren sowie als Hydroxylradikale inaktivierendes Antioxidans heraus. BOHNERT und SHEN (1999) weisen darauf hin, dass beim Vorliegen in niedrigen, osmoregulatorisch unbedeutenden Konzentrationen derartige compatible solutes in nicht-osmoregulatorischer Weise z.B. als Radikalfänger agieren können.

#### **4.2.4. Antioxidantien**

Die Aktivität freier Sauerstoffradikale wird in der Literatur häufig diskutiert und als Schlüsselereignis bei der Schädigung der Zellmembranen rekalkitranter Samen und anderer pflanzlicher Gewebe durch Lipidperoxidation unter Trocken- und Kältestressbedingungen aber auch bei Alterungsprozessen angesehen (z.B. KUNERT und EDERER 1985; BUCKLAND et al. 1991; HENDRY et al. 1992; PAMMENTER et al. 1994; FINCH-SAVAGE et al. 1996; ZHAO und BLUMWALD 1998; LEPRINCE et al. 1999; MUNNÉ-BOSCH et al. 1999; TOMMASI et al. 1999).

In praktisch allen aerob stoffwechselnden Organismen, zu denen auch lagernde Eicheln zählen, treten auch unter optimalen Bedingungen unvermeidlich freie Radikale wie Superoxide ( $O_2^-$ ) und Wasserstoffperoxid ( $H_2O_2$ ) auf, deren wesentliches toxisches Potential in ihrer Fähigkeit zur Initiierung von Kaskadenreaktionen vermutet wird, welche in der Produktion von z.B. Hydroxylradikalen und Lipidperoxiden resultieren (NOCTOR und FOYER 1998).

Als Antioxidantien, d.h. als Antagonisten der Radikale, können praktisch alle Verbindungen auftreten, die dazu in der Lage sind Radikale auszulöschen, ohne dabei selbst eine Konversion zum destruktiven Radikal zu erfahren. Der Effekt von Antioxidantien und als Antioxidans wirkender Enzyme beruht dadurch auf der Unterbrechung der Kaskaden unkontrolliert ablaufender Oxidationsvorgänge, wobei die Enzyme (z.B. Superoxiddismutase, Ascorbatperoxidase, Glutathionreduktase) Redoxreaktionen

xiddismutase, Ascorbatperoxidase, Glutathionreduktase) Redoxreaktionen katalysieren, die auf Elektronen aus niedermolekularen Reduktanten angewiesen sind, insbesondere Ascorbat und Glutathion (NOCTOR und FOYER 1998).

Von LARSON (1995) werden Quercitin und Tocopherol (Vitamin E) als leicht oxidierbare Phenolverbindungen aufgeführt. Quercitin kommt nativ u.a. in der namensgebenden Gattung *Quercus* vor (FALBE und REGITZ 1995) und ist nach LARSON (1995) extrem leicht zu oxidieren mit dementsprechend hoher Aktivität als Antioxidans.

Vermutlich resultieren die im Schnitttest beobachteten bräunlichen Verfärbungen der Kotedonen nach Stresseinwirkung durch Trockenheit und Frost (Abb. 9 und Abb. 10) aus Phenoloxidationen, an denen Quercitin möglicherweise beteiligt ist.

Tocopherol kommt nach PONGRACZ et al. (1995) in jungen Pflanzen hauptsächlich in der Form  $\alpha$ -Tocopherol und im Zuge der Samenentwicklung in Früchten in zunehmendem Maße in den Formen  $\gamma$ -Tocopherol und  $\delta$ -Tocopherol vor. Vitamin E ist nach PONGRACZ et al. (1995) das wichtigste fettlösliche Antioxidans in den Zellmembranen, dessen primäre Aufgabe in vivo der Schutz der Lipide vor Peroxidation zu sein scheint und dessen effektivste Form in vivo das  $\alpha$ -Tocopherol darstellt.

Aus Trocknungsexperimenten an Samen von *Zea mais* und *Phaseolus vulgaris* mit unterschiedlicher Temperatur (4°C – 9°C und 15°C – 40°C) und unterschiedlich hohem O<sub>2</sub>-Gehalt der Trocknungsatmosphäre (N<sub>2</sub>:O<sub>2</sub> bei Bohne: 100 % : 0 %; 50% : 50%; Mais: 98 % : 2 %) über Silikagel schlossen LEPRINCE et al. (1995), dass Umweltfaktoren, welche die Aktivität des Atmungsstoffwechsels begrenzen, auch das Auftreten von Trocknungsschäden mindern. Nach Trocknung sensibler Gewebe bei niedriger Temperatur und geringem O<sub>2</sub>-Gehalt der Atmosphäre wurden eine geringere Konzentration freier Radikale und geringere Schädigungen beobachtet, als bei höherer Temperatur und höheren O<sub>2</sub>-gehalten. Durch Inkubation gequollener Bohnen während der trockenungssensiblen Phase in einer 0,5 mM Lösung des in der Elektronenkette der Mitochondrien (Cytochrom) ansetzenden Atmungshemmers KCN konnten die Autoren die Trocknungssensibilität gemessen am unteren kritischen Wassergehalt senken.

Nach Ansicht von LEPRINCE et al. (1995) zeichnen sich demnach trockenungssensible Gewebe durch ihre Unfähigkeit zur Drosselung des Atmungsstoffwechsels und ein unzureichendes Antioxidanssystem aus, was sie vergleichsweise länger dem Einfluss freier Radikale aussetzt.

HENDRY et al. (1992) untersuchten im Rahmen von Trocknungsexperimenten die Schutzmechanismen von Kotyledonen und Embryoachsen bei *Quercus robur* und fanden, dass die Gewebe unterschiedliche Abwehrmechanismen gegen oxidative Angriffe besitzen. In den Kotyledonen liegt ein überwiegend enzymatisch wirkendes Abwehrsystem mit vergleichsweise hoher Aktivität der Superoxiddismutase und Glutathionreduktase vor, während der Abwehrmechanismus der Embryoachse überwiegend auf das Vorhandensein der Antioxidantien Ascorbinsäure und  $\alpha$ -Tocopherol zurückzuführen ist. Eine Abnahme des enzymatischen Schutzes gegen oxidative Angriffe zusammen mit einem Abnehmen der Konzentration von  $\alpha$ -Tocopherol und dessen Vorstufe  $\gamma$ -Tocopherol beim Abnehmen des Wassergehaltes standen direkt in Verbindung mit der von HENDRY et al. (1992) beobachteten Lipidperoxidation und der Bildung freier Radikale in den Embryoachsen, was zum Vitalitätsverlust in den rekalkitranen Samen beigetragen haben könnte, wenn es, wie die Autoren vermuten, nicht sogar Kernursache ist. Allein das Aufrechterhalten eines hohen Ascorbinsäurespiegels reichte nach HENDRY et al. (1992) nicht aus, um peroxidative Schädigungen von Lipiden zu verhindern oder zu verzögern oder andere durch freie Radikale hervorgerufene Prozesse in den Eichel zu unterdrücken.

Dementgegen weisen TOMMASI et al. (1999) darauf hin, dass es für die einen aktiven Stoffwechsel aufrechterhaltenden, rekalkitranen Samen überlebensnotwendig ist, einen hohen Ascorbinsäurelevel und eine hohe Ascorbatperoxidaseaktivität zur Beseitigung giftiger Wasserstoffperoxide aufrecht zu erhalten, während dies für orthodoxe Samen aufgrund der niedrigen aeroben Stoffwechselaktivität nicht notwendig ist.

Nach PONGRACZ (1995) wird das Peroxidradikale reduzierende Vitamin E, welches im Anschluss an die Reaktion selbst als Vitamin-E-Radikal vorliegt, durch Ascorbinsäure (Vitamin C) regeneriert und somit wieder aktiviert. Das entstandene Vitamin-C-Radikal wird dann unter Mitwirkung von u.a. NADPH, Glutathionreduktase und Glutathionperoxidase enzymatisch reduziert.

KUNERT und EDERER (1985) weisen darauf hin, dass zur Reaktivierung des Vitamin E das Vitamin C in sehr hoher Konzentration vorliegen muss, wobei ein Konzentrationsverhältnis von Vitamin C zu Vitamin E im Bereich 10:1 bis 15:1 sich als sehr effektiv beim Schutz gegen peroxidative Schädigungen erwies, während starke Schäden beim Verhältnis 1:1 oder geringer auftraten.

#### 4.2.5. Alterung von Eicheln

Die in den eigenen Versuchen beobachtete stetige Abnahme der für die Glykolyse als Substrat dienenden Hexosezucker Glucose und Fructose während der Konditionierungslagerung kann als Hinweis darauf gewertet werden, dass Eicheln offenbar nicht dazu in der Lage sind, ihren Atmungsstoffwechsel völlig zum Stillstand zu bringen, auch nicht bei leichten Frosttemperaturen, so dass durch den Atmungsstoffwechsel ständig freie Radikale produziert werden. Je höher die Temperaturen im Lager sind, desto stärker laufen diese Stoffwechselfvorgänge ab.

Alterungsprozesse und die damit durch Vitalitätsverlust hervorgerufene genetische Entmischung sind vor diesem Hintergrund offenbar ursächlich auch auf die Zerstörung von Membranen und funktionellen Makromolekülen in Folge von Radikalaktivität zurückzuführen. Diese Alterungsprozesse treten auch unter vergleichsweise rekalkitranzkonformen, nach außen stressfrei wirkenden Bedingungen auf (GUTHKE 1992; KIM 1999), weil dann die äußeren Bedingungen den Atmungsstoffwechsel nicht bremsen. Eine Ursache des Ausbleibens der protektiven Wirkung der Vitamin C und Vitamin E Wechselbeziehung könnte darin liegen, dass die Balance im Gehalt beider Komponenten zueinander verloren geht. KUNERT und EDERER (1985) fanden in ihren Untersuchungen zur Alterung von Buchenblättern (*Fagus sylvatica*) und Tannennadeln (*Abies alba*), dass zwar der Vitamin-E-Gehalt im Zuge der Alterung zunimmt, der Vitamin-C-Gehalt jedoch nicht mit zunehmendem Alter steigt, so dass auch für Eicheln unter optimalen Bedingungen hinsichtlich ihres rekalkitranzen Charakters über die Zeit ein zunehmender Verlust der Balance des Antioxidanssystems zum Vitalitätsverlust führt bzw. daran beteiligt ist.

Bei *Araucaria hunsteinii* (PRITCHARD et al. 1995) und *Quercus robur* (SUSZKA und TYLKOWSKI 1980; PRITCHARD und MANGER 1990) werden die günstigsten Lagerbedingungen für ein langes Aufrechterhalten der Vitalität durch eine hohe Luftfeuchte und Temperaturen kurz unterhalb der Mindesttemperatur für die Radikula-keimung (ca. 0°C) charakterisiert. Möglicherweise haben diese Beobachtungen ihre Ursache in einer Kompromissituation, da bei 0°C noch eine hohe Luftfeuchte zu realisieren und das Auftreten von Gefriertrocknung noch zu vermeiden ist und gleichzeitig die Atmungsaktivität gegenüber höheren Temperaturen abnimmt (Abb. 48, S. 191).

Unter Dauerfrostbedingungen bei -4°C und -6°C, in Folienbeutel zum Schutz gegen die im Lagerraum zirkulierende, dehydratisierende Umluft eingeschweißte Eicheln, weisen

durch ihre Verbräunung auf den Ablauf von Oxidationsprozessen und durch die Eisbildung im Beutel auf Wasserentzug aus den Eicheln hin (Abb. 46 und Abb. 47). Da die Eicheln zum Zeitpunkt der maximalen Frosthärte der eingelagerten Population in den Dauerfrost überführt wurden, erscheint es eher unwahrscheinlich, dass das Wasser für die Eisbildung in den Folienbeuteln aus durch Eisbildung geschädigten Zellen stammt, zumal die beobachteten Exothermenreaktionstemperaturen (CHMIELARZ 1997; JUNGE et al. 1999) schon bei nicht abgehärteten Eicheln unterhalb der hier verwendeten Lager-temperaturen angesiedelt waren. Daraus lässt sich schließen, dass sich offenbar durch den Atmungsstoffwechsel verursachte Alterungserscheinungen und die Sensibilität der Eicheln gegenüber Austrocknung durch eine möglichst kalte Lagerung allein nicht vermeiden lassen, eben weil Eicheln nicht dazu in der Lage sind, ihren Atmungsstoffwechsel abzuschalten.



Abb. 46: Eisbildung bei handtrocknen in Polyethylenbeuteln eingeschweißten Eicheln nach 39 Monaten bei  $-4^{\circ}\text{C}$ . Das Wasser wurde den Eicheln durch Frosttrocknung entzogen, teilweise Pilzbesiedelung an einzelnen Eicheln, *Quercus robur* 'Quickborn' 1997 / 1998. Zurück zu S. 158, 164

Die von GUTHKE (1992) im Verlauf der Saatgualterung beobachteten Beeinträchtigungen des Enzymsystems und Proteindenaturierung sowie die von SZCOTKA (1974, 1975,

1978) beobachtete Abnahme der Proteinsynthese, Enzymaktivität und Atmungsintensität könnten so möglicherweise ursächlich auf die destruktive Aktivität freier Radikale als Folge eines nicht zu stoppenden Atmungsstoffwechsels zurückzuführen sein.



Abb. 47: Frische Eicheln (obere Bildhälfte) von *Quercus robur* 'Steinberg' (Fruchtreife 2000) und 39 Monate bei  $-6^{\circ}\text{C}$  in Polyethylenbeuteln eingeschweißt gelagerte Eicheln (untere Bildhälfte) von *Quercus robur* 'Quickborn' 1997 / 1998. Durch Frosttrocknung ausgebleichtes Pericarp, Schrumpfung der Kotyledonen, Verbräunung durch Oxidation. Zurück zu S. 158, 164

#### 4.3. Einfluss des Konditionierungsklimas auf die Frosthärteentwicklung

Die Entwicklung der Frosthärte während der Konditionierungslagerung wurde mit zwei voneinander unabhängigen Methoden untersucht.

In Vitalitätsprüfungen und durch Sichtbonituren im Schnitttest (Schätzwert) wurde nach an die Konditionierungslagerung anschließenden Frosthärtetests der Anteil gekeimter bzw. als potentiell vital klassifizierter Eicheln einer Stichprobe ermittelt. Dabei wurde die Frosthärte als umso stärker beurteilt, je größer der Anteil vitaler Eicheln einer Stichprobe nach Einwirken des Frostereignisses war.

An Eicheln der gleichen Erntepopulation ermittelten JUNGE et al. (1999) den Gefrierpunkt für individuelle Eicheln mit Hilfe der Differenztemperaturanalyse (DTA) durch Bestimmung der exothermen Reaktion (Temperaturabgabe) bei der Kristallisation von Zellwasser zum Zeitpunkt des Gefrierens.

Die in Schnitt- und Keimtests ermittelten Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass die im Freilandversuch beobachtete natürliche Abhärtung unter Ausschluss natürlicher Umweltbedingungen in Klimakammern prinzipiell in ähnlicher Weise abläuft.

Der wesentliche Unterschied zu den von GUTHKE (1993) beschriebenen Beobachtungen liegt darin, dass die von GUTHKE dargestellte kontinuierliche Abhärtung in Form einer Sättigungskurve für die Frosthärteentwicklung unter Kühlraumbedingungen so nicht erfolgt, da nach Erreichen eines Frosthärtemaximums ein Verlust der Vitalität einsetzt.

Dieser Vitalitätsverlust resultiert bei Eicheln aus warm „humiden“ Konditionierungsbedingungen primär aus einem Frosthärteverlust, der unter Ausschluss von natürlichen Umweltreizen (Licht, Temperatur) bei konditionierten Eicheln trotz anhaltend niedriger Temperaturen auftrat. Die Eicheln bauten ihre Frosthärte nicht nur auf sondern auch wieder ab und dies etwa zeitgleich in unterschiedlich klimatisierten Lägern (Abb. 31, S. 103; Abb. 48, S. 191).

Es zeigte sich, dass der Effekt umso stärker war, je wärmer und „humider“ die Eicheln konditioniert wurden und je aktiver dementsprechend ihr Stoffwechsel war.

Als Motor der Frosthärterhythmik kann vermutlich die Atmung und die daraus resultierende Wassergehaltsentwicklung der Eicheln in Abhängigkeit vom Konditionierungsklima gesehen werden.

Unterstützung findet die Beobachtung zum Ablauf einer Rhythmik der Frosthärte in den von JUNGE et al. (1999) an Saatgut von *Quercus robur* 'Quickborn' 1997 / 1998 parallel durchgeführten Differenztemperatur-Analysen. Mit Hilfe der DTA konnten die Autoren ein Absinken der Gefriertemperatur (Anstieg der Frosttoleranz) bis Ende Januar und ein darauf folgendes Ansteigen der Gefriertemperatur (Abnahme der Frosttoleranz) messen, sowohl bei Eicheln aus der Freilandmiete als auch bei Eicheln aus Klimakammern.

Unter „ariden“ Konditionierungsbedingungen wurde insgesamt eine tiefere Frosthärte von den Eicheln erreicht als unter „humiden“ Konditionierungsbedingungen. Nach Frosthärtetests insbesondere bei  $-6^{\circ}\text{C}$  und  $-8^{\circ}\text{C}$  keimten hier mehr Eicheln im Keimtest



bzw. wurden im Schnitttest als potentiell vital klassifiziert (Abb. 31, S. 103; Abb. 39, S. 119). Besonders anschaulich zeigte sich dies am Saatgut der  $KOND_{FL}$  nach Überführung aus den warm „humiden“ Bedingungen der Freilandmiete in die kalt „ariden“ Bedingungen der  $KOND_{SW}$  des Versuchsjahres 1997 / 1998 (Abb. 12, S. 64). Mit zunehmender Dauer und Stärke der „ariden“ Konditionierungsbedingungen traten jedoch auch zunehmend vertrocknete Eicheln auf.

JUNGE et al. (1999) konnten mit Hilfe der DTA ebenfalls die größere Frosthärte anhand tieferer Gefriertemperaturen am Saatgut aus „arider“ Konditionierung ( $KOND_{SW}$  und  $KOND_{SCG}$ ) gegenüber Eicheln aus „humider“ Konditionierungslagerung ( $KOND_{FL}$  1997 / 1998 feststellen, ohne einen nachweisbaren Unterschied zwischen Eicheln der  $KOND_{SW}$  und der  $KOND_{SC}/KOND_{SCG}$  beobachten zu können. Die Autoren schlussfolgerten, dass die Ausbildung von Frosthärte bei Eicheln aus ständiger Lagerung bei Frosttemperaturen auf Frosttrocknung beruhen kann.

Das bedeutet, dass die Tag / Nacht Wechseltemperaturen der  $KOND_{SW}$  hinsichtlich der Frosthärteentwicklung in den untersuchten Eicheln allein durch den Temperaturwechsel an sich keine deutlichen Vorteile gegenüber den im Tagesverlauf gleichbleibenden Temperaturen der Variante  $KOND_{SC}/KOND_{SCG}$  zeigten. Die Temperaturwechsel an sich bewirkten entgegen GUTHKE's (1992) Vermutungen keine stärkere Stimulans zur Frosthärteausbildung in den untersuchten Eicheln.

#### **4.3.1. Frosthärte und Wassergehalt**

Diese Beobachtungen weisen darauf hin, dass die Ursache für die Rhythmik der Frosthärte unter warm „humiden“ Konditionierungsbedingungen und für die größere Frosthärte kalt und damit „arid“ konditionierter Eicheln vermutlich in der Abhängigkeit des Atmungsstoffwechsels vom Konditionierungsklima begründet ist.

Stressfaktoren wie Trockenheit und Kälte können eine Ursache für das Absinken des ATP-Bedarfes sein, was über eine Rückkopplung die Atmungsaktivität senkt. Nach BROWSE und SIEDOW (2000) wird über die ATP erzeugende Atmung der ADP-Gehalt einer Zelle oder eines Gewebes durch deren ATP-Verbrauchsrate bestimmt. ADP beeinflusst den Elektronentransfer und die oxidative Phosphorylierung, welche wiederum auf den Citratcyklus einwirken, der schließlich die Glykolyse reguliert, so dass die pflanzliche Respirationsrate „von unten nach oben“ durch den Absolutgehalt von ADP in der Zelle reguliert wird.

Unter rekaltitranskonformen Bedingungen mit geringem Dampfpartialdruckgefälle und infolgedessen geringem Wasseraustrag aus den Eicheln könnte der über die Atmung beeinflusste Haushalt im Cytosol gelöster Gefrierschutzstoffe eine größere Bedeutung besitzen als unter zunehmend kalten und „ariden“ Konditionierungsbedingungen mit zunehmendem Dampfpartialdruckgefälle zwischen Eichel, Umluft und kältestem Kontaktpunkt der Umluft (verstärkt durch Luftzirkulation). Dies führt zu steigendem Wasserentzug aus den Eicheln unter Dehydration der Protoplasten, wodurch schließlich die Menge des gefrierbaren Wassers sinkt und die metabolische Aktivität der Zellen abnimmt. Dabei ist der Effekt der Dehydratation für die Ausbildung von Frosthärte offenbar stärker als der durch den Schutzstoffhaushalt ausgeübte Effekt (KOND<sub>FL</sub> vor und nach Überführung in die Bedingungen der KOND<sub>SW</sub> 1997 / 1998, Abb. 12, S. 64; KOND<sub>SW</sub> Varianten 2 und 3 im Vergleich, Abb. 31, S. 103).

Unter kalten „ariden“ Konditionierungsbedingungen (KOND<sub>SW</sub> 1997 / 1998; KOND<sub>SW</sub> Variante 2 1996 / 1997) konnte offenbar ein größerer Anteil der im Konditionierungslager präparierten Saatgutpopulation die Wasserabgabe unter einen für die Eisbildung im Zellsaft kritischen Level realisieren als es unter warm „humiden“ Konditionierungsbedingungen (KOND<sub>FL</sub> 1997 / 1998; KOND<sub>SW</sub> Variante 3 1996 / 1997) der Fall war. Dadurch nahm der Anteil frosttoleranter Eicheln an der Gesamtpopulation der entsprechenden Konditionierungsläger zu. Das drückt sich bis zu dem Zeitpunkt als größere Frosthärte der Gesamtpopulation aus, an dem die fortschreitende Dehydratation einen zunehmenden Anteil der konditionierten Population schädigt und die im Keimtest beobachtete Vitalität deutlich nachlässt.

Da die Zunahme bzw. das gleich bleiben der Keimergebnisse nach tieferen Frosttemperaturen mit einem Vitalitätsverlust nach Einwirken schwacher Fröste zusammentrafen und zu nicht mehr unterscheidbaren Ergebnissen zwischen den Behandlungen bei „arider“ Konditionierung führten (KOND<sub>SW</sub> nach 188 Tagen, Abb. 13, S. 67; KOND<sub>SC</sub> nach 69 Tagen, Abb. 15, S. 71), zeigt sich hier, dass Trocknungstoleranz und Frosthärte dicht beieinander liegen.

Die Wassergehaltsanalysen der Gesamtpopulation zeigten bei Eicheln aus kalt „arider“ Konditionierungslagerung deutlich niedrigere Werte für den Wassergehalt in der Embryonenfrischmasse als bei Eicheln aus „humider“ Konditionierungslagerung (KOND<sub>FL</sub> vs. KOND<sub>SW</sub> 1997 / 1998, Abb. 16, S. 78 und KOND<sub>SW</sub> Variante 2 vs. Variante 3 1996 / 1997, Abb. 32, S. 105).

Die Wassergehalte als potentiell vital und auch gegen  $-8^{\circ}\text{C}$  als frosthart bonitierter Eicheln zeigten jedoch nur in Ausnahmefällen Wassergehalte unter 38%, wobei in der Embryonenfrischmasse unter „ariden“ Konditionierungsbedingungen praktisch keine Unterschiede zwischen den angelegten Frosttemperaturen von  $-4^{\circ}\text{C}$  bis  $-8^{\circ}$  auftraten (Abb. 18, S. 81; Abb. 19, S. 82; Abb. 33, S. 107). Dies deutet darauf hin, dass ab Erreichen eines für das Überleben der Eicheln begrenzenden unteren Schwellenwertes der Wassergehalt für die Frosthärte keine Rolle mehr spielt. Unterhalb dieses Schwellenwertes vertrocknen die Eicheln während der Konditionierungslagerung.

Im Bereich des unteren Schwellenwertes werden auch die Unterschiede im Wassergehalt lebender und erfrorener Eicheln nach Frosthärtetests immer geringer bzw. verschwinden ganz, während bei zunehmend warmer „humider“ Konditionierungslagerung sich die erfrorenen Eicheln vielfach durch höhere Embryonenwassergehalte auszeichnen als die vitalen Eicheln, wie ein Vergleich der Varianten  $\text{KOND}_{\text{FL}}$  und  $\text{KOND}_{\text{SW}}$  des Versuchsjahres 1997 / 1998 zeigt (Anhang 1, Tab. 32, S. 223; Tab. 41, S. 232).

GUTHKE (1992) fand übereinstimmend mit den hier gezeigten Ergebnissen gleichfalls im Schnitttestmaterial höhere Wassergehalte in erfrorenen Eicheln gegenüber potentiell vitalen Eicheln.

NEMKY (1964) schloss aus Gefrierexperimenten ebenfalls, dass zu hohe Wassergehalte zu Schäden durch Eisbildung in den Eicheln führen können, während zu niedrige Wassergehalte zu sinkenden Keimergebnissen in Folge von Trocknungsschäden bei den Eicheln führen würden. NEMKY (1964) gibt für das Erreichen der größten Frosthärte, bewertet nach den Anteilen vitaler Eicheln im Anschluss an einen Froststress, gegen  $-8^{\circ}\text{C}$  für Eicheln von *Quercus petraea* um 35% und für Eicheln von *Quercus robur* um 38% Wassergehalt in der Eichelfrischmasse an. Das trifft für *Quercus robur* in etwa den Bereich, in welchem auch hier die größten Anteile frostharter Eicheln nach Frosthärtetests beobachtet wurden, aber auch den Bereich, in dem die beobachteten Trocknungsschäden einsetzen.

Durch Messung der Exothermenreaktion kommt SCHÖNBORN (1964) zu dem Schluss, dass bei Eicheln mit einem Wassergehalt von über 40% bei  $-2^{\circ}\text{C}$  keine Frostschäden auftreten, während  $-10^{\circ}\text{C}$  zum Totalausfall durch Erfrieren führen würde. Mit einer Abnahme des Wassergehaltes auf 30% und 25% würde nach SCHÖNBORN (1964) die kritische Grenze von  $-2^{\circ}\text{C}$  auf  $-8^{\circ}\text{C}$  bzw.  $-14^{\circ}\text{C}$  sinken. Da 30% bzw. 25% Wassergehalt jedoch nur von „Ausreißern“ einer Population überlebt werden (Abb. 44, S. 132),

besitzen SCHÖNBORN's Aussagen für die angewandte Praxis jedoch lediglich akademischen Wert.

CHMIELARZ (1997 a) stellte durch Messung der Exothermenreaktionen mit einer Messsonde zwischen den Kotyledonen fest, dass diese bei Eicheln mit einem Wassergehalt von 42% - 43% bei  $-10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  erfolgten und dass gemessen an den Keimergebnissen die Radikula bis  $-7^{\circ}\text{C}$  und die Plumula bis  $-9^{\circ}\text{C}$  eingefroren werden kann. Danach sind nach CHMIELARZ's Auffassung  $-7^{\circ}\text{C}$  für ganze Eicheln eine gefahrlose Lagerungstemperatur. Für die kurze Testdauer von 15 min. in CHMIELARZ's Experimenten mag das zutreffen, längerfristig ist jedoch mit Frosttrocknung zu rechnen (Abb. 46, S. 158; Abb. 47, S. 159). Zumindest für abgehärtetes Saatgut liegt das Problem in diesem Temperaturbereich weniger im Erfrieren als vielmehr im Vertrocknen.

JUNGE et al. (1999) ermittelten Exothermenreaktionen bei abgehärteten Eicheln um  $-11^{\circ}\text{C}$  ( $\text{KOND}_{\text{FL}}$ ),  $-14,5^{\circ}\text{C}$  ( $\text{KOND}_{\text{SW}}$ ) und  $-17^{\circ}\text{C}$  ( $\text{KOND}_{\text{SCG}}$ ). Die Autoren weisen jedoch darauf hin, dass in Hinblick auf die absoluten Temperaturen ein systematischer Fehler vorliegt, der jedoch keinen Einfluss auf die Aussage zur qualitativen Reaktion der Eicheln (Abhärtung, Enthärtung, Einzelbaumunterschiede) haben soll.

Das messtechnische Problem liegt nach JUNGE et al. (1999) in der Trocknung der Proben während der DTA-Messung, wodurch die Auslösung der Exothermenreaktion verzögert und eine höhere Frosthärte vorgetäuscht werden könnte als tatsächlich im Ausgangsgewebe vorlag. JUNGE (2000, pers. Mitteilung) weist darauf hin, dass nach seiner Ansicht ein grundsätzliches Problem bei der Ermittlung korrekter, absoluter Exothermenreaktionstemperaturen in der Wahl der Methodik liegt, da Faktoren wie die Platzierung der Messsonde (eingeführte Sonde, Verwendung von Explantaten, etc. ), Material und Isolierung der Messsonden, Abkühlgeschwindigkeit, usw. einen starken Einfluss auf die ermittelten Werte ausüben können.

#### **4.3.2. Frosthärte und Zuckergehalt**

Neben der Menge des in den Zellen vorliegenden Wassers wird die Frosthärteentwicklung von Zellen und Geweben auch durch die im Cytosol gelösten Verbindungen beeinflusst (Kap. 1, S. 33). Mit der Analyse der Zuckergehalte wurde im Rahmen dieser Arbeit nur eine Komponente aus dem Gesamtkomplex der im Zellsaft gelösten Schutzstoffe untersucht.

Saccharose wird in der Literatur als wichtigster zur Frosthärte beitragender Zucker aufgeführt (GUSTA et al. 1996; PEARCE 1999; BRESSAN et al. 2000). In den eigenen Untersuchungen stellte sich heraus, dass Saccharose insbesondere bei Eicheln aus „humider“ Konditionierungslagerung (KOND<sub>FL</sub> 1997 / 1998, Abb. 27, S. 93; KOND<sub>SW</sub> Variante 3 1996 / 1997, Abb. 37, S. 112; Abb. 38, S. 113) für den Schutz vor Gefrierschäden von Bedeutung war.

GUSTA et al. (1996) stellen in ihrem Review-Artikel die besondere Bedeutung der Abscisinsäure (optisch aktive (+)-ABA) für die Frosthärteentwicklung in Pflanzen dar mit dem Hinweis, dass von allen natürlichen Wachstumsregulatoren der Pflanzen die stärksten Effekte zur Ausbildung von Frosthärte durch ABA ausgelöst werden. Neben der regulatorischen Funktion zur Expression zahlreicher Gene unter Stressbedingungen (z.B. LEA-Proteine, s. S. 6 u. S. 119) fördert ABA die Akkumulation von Saccharose während Gibberellinsäure (GA) den Saccharosegehalt senken und die ABA-induzierte Frosthärte aufheben kann. TAIZ und ZEIGER (2000) weisen darauf hin, dass im Cytosol vorliegende freie ABA durch kovalente Bindung an z.B. Monosaccharide inaktiviert werden kann und sich dann als ABA-Glucoseester in Vakuolen sammelt. Obwohl ABA-Glucoseester eine Speicherform darstellen könnten, werden sie z.B. bei Wasserstress nicht abgebaut (TAIZ und ZEIGER 2000).

FINCH-SAVAGE et al. (1992) konnten zeigen, dass der ABA-Gehalt in den Embryoachsen von *Quercus robur* Eicheln beim Fruchtfall 180 Tage nach der Anthese noch ca. 1000 ng / g TS betrug, während zum Beginn der Untersuchungen 100 Tage nach der Anthese ca. 2500 ng / g TS gemessen wurden. In den Kotyledonen fanden die Autoren 100 Tage nach der Anthese mit ca. 3000 ng / g TS einen Peak im ABA-Gehalt, während zum Zeitpunkt des Fruchtfalls mit ca. 400 ng / g TS wieder der zum Beginn der Untersuchungen 80 Tage nach der Anthese ermittelte Anfangswert erreicht wurde.

Über den GA-Gehalt zum Zeitpunkt des Fruchtfalls liegt keine Literatur vor. Aufgrund der fehlenden Samenruhe und der sofortigen Keimbereitschaft nach dem Fruchtfall erscheint es mit Blick auf die Zellstreckung und Zellteilung sowie die Dehnbarkeit der Zellwände fördernden Wirkung der Gibberelline (DAVIES 2000) jedoch wahrscheinlich, dass nach dem Fruchtfall erhöhte GA-Gehalte in den Eicheln vorliegen.

Insgesamt zeichnet sich anhand dieser Hinweise auf die hormonelle Situation in den Eicheln ein Bild ab, nachdem die Ausgangssituation für eine Frosthärteinduktion direkt nach dem Fruchtfall offenbar ungünstig ist, auch mit Blick auf die protektive Wirkung von Saccharose gegen Frostschäden

Wie sich der Hormonhaushalt lagernder Eicheln unter unterschiedlichen Bedingungen des Lagerklimas entwickelt und welche Änderungen daraus für den Haushalt protektiver Substanzen wie der Saccharose resultieren, ist scheinbar nicht untersucht worden.

In den eigenen Untersuchungen zeichneten sich als potentiell vital klassifizierte Eicheln neben ihren niedrigeren Wassergehalten durch niedrigere Glucose- und Fructosegehalte, z. T. niedrigere Stärkegehalte und höhere Saccharosegehalte aus als erfrorene Eicheln. Mit zunehmend tieferer Temperatur im Frosthärtetest wurden bei den potentiell vitalen Eicheln zunehmend höhere Saccharosegehalte und zunehmend geringere Glucose- und Fructosegehalte vorgefunden, wobei die Anteile potentiell vitaler Eicheln an den Stichproben mit sinkender Frosttemperatur abnahmen. Die Ausprägung dieser Beobachtung war umso deutlicher, je wärmer und „humider“ die Eicheln konditioniert wurden. D.h. die Bedeutung der untersuchten Zucker für den Gesamtkomplex Gefrierschutz kommt am stärksten bei wasserreichen, physiologisch aktiven Eicheln zum tragen (KOND<sub>FL</sub> 1997 / 1998, Abb. 28, S. 95).

GUTHKE (1992) stellte ebenfalls fest, dass erfrorene Eicheln niedrigere Saccharosegehalte im Zellsaft aufwiesen als potentiell vitale Eicheln. Im Gegensatz zu GUTHKE (1992) werden hier jedoch die mit zunehmender Frosttiefe zunehmenden Saccharosegehalte in den vitalen Eicheln nicht als Reaktion der Eicheln auf einen Frosthärtetest interpretiert, sondern als eine während der induktiven Bedingungen der Konditionierungslagerung erworbene Eigenschaft, auf die während eines Frosthärtetests selektiert wird.

Die Ausgangssituation ist, dass die Analysen mit Mischproben des im Schnitttest angefallenen Eichelmaterials durchgeführt wurden, denen unterstellt wird, dass sie aufgrund optimaler Durchmischung ein Homogenat der Stichproben darstellen, an dem alle im Schnitttest angefallenen Eicheln einer Klassifizierung (potentiell vital, erfroren oder vertrocknet) eines jeweiligen Prüftermins mit gleichen Anteilen vertreten sind. Der Ausgangspunkt der weiteren Überlegung ist, dass die Analysenergebnisse von Eicheln aus der Konditionierungskontrolle einen Mittelwert darstellen, dessen Mittelwert bildenden theoretischen Einzelwerte nicht bekannt sind. Aufgrund eines nur geringen Stresses, z.B. KOND<sub>FL</sub> am dritten Prüftermin nach 111 Tagen Konditionierungsdauer (Anhang 1, Tab. 19 und Tab. 20), stammt dieser Mittelwert von einem vergleichsweise großen Anteil der Gesamtstichprobe und repräsentiert diesen (Sprossachsenkeimung 78% , Schnitttest 79% potentiell vital). Nach dem zugehörigen  $-8^{\circ}\text{C}$  Frosthärtetest des

entsprechenden Prüftermin fiel das Keimergebnis und entsprechend das Schnitttestergebnis, durch dessen Ermittlung das Material für die Analysen anfällt, geringer aus (Sprossachsenkeimung 3% , Schnitttest 24% potentiell vital), so dass der Wert liefernde Stichprobenanteil kleiner ist. Dieser kleine Stichprobenanteil repräsentiert die Fraktion der Konditionierungskontrolle, welche bei  $-8^{\circ}\text{C}$  frosthart gewesen wäre, wenn man sie aufgesplittet hätte. Da es sich hierbei um den insgesamt kleinsten Anteil der zum Vergleich anstehenden Konditionierungskontrolle handelt, geht dessen analytisches Ergebnis in der Masse des durch überwiegend mit niedrigeren Saccharosegehalten ausgestatteten Materials der Konditionierungskontrolle unter (Maskierungseffekt). Dadurch kommt es zu dem Anschein, als wäre der Saccharosegehalt zu diesem Zeitpunkt bei allen Eicheln der Konditionierungskontrolle grundsätzlich niedriger als bei den nach  $-8^{\circ}\text{C}$  als potentiell vital klassifizierten Eicheln. Tatsächlich ist jedoch der Mittelwert allein durch die Masse kleinerer Werte (großer Anteil von Eicheln mit niedrigem Saccharosegehalt) niedrig gehalten. Hätten die Analysenergebnisse der Konditionierungskontrolle als Werte der untersuchten Eicheln im einzelnen vorgelegen, dann wären dort die Werte der gegen  $-8^{\circ}\text{C}$  frostharten Eicheln als Ausreißer aufgefallen und wären zur Klärung der Ursache des „Ausreißens“ mit den an Eicheln aus den  $-8^{\circ}\text{C}$  Frosthärtetests gewonnenen Daten vergleichbar.

Die Analysenergebnisse (Kohlenhydrate, Wasser) der Konditionierungskontrolle repräsentieren demnach das Mittel der eingelagerten Saatgutpopulation, während die im Anschluss an Frosthärtetests ermittelten Analysenergebnisse, in diesem Beispiel der Saccharosegehalt der potentiell vitalen Eicheln, einen Wert liefern, welcher einen bestimmten Anteil der eingelagerten Saatgutpopulation charakterisiert und dessen Höhe (quantitatives Vorhandensein der analysierten Substanz) offenbar in Verbindung mit der Frosthärte der Eicheln steht. Das bedeutet, dass die durchgeführten Frosthärtetests als Selektionsfaktoren auf Frosthärte charakterisierende Merkmale wirkten.

Die Keim- und Schnitttestergebnisse geben darüber Auskunft, wie groß der Anteil mit diesen Merkmalen ausgestatteter Individuen der untersuchten Saatgutstichprobe ist.

Veränderungen der ermittelten Analysenwerte über die Zeit sind dadurch auch das Ergebnis sich ändernder Probenumfänge (s.o.), weil z.B. an aufeinander folgenden Terminen zunehmend mehr Eicheln auch mit niedrigem Saccharosegehalt einen  $-8^{\circ}\text{C}$  Frosthärtetest überleben konnten, z.B. vor dem Hintergrund eines sich ändernden Konditionierungsklimas.

GUTHKE (1992) stellte die gefundenen Wasser- und Zuckergehalte nach Frosthärtetests leider nicht über die einzelnen Prüftermine während des Versuchszeitraums dar, sondern nur zu ausgewählten Analyseterminen, so dass eine weitere vergleichende Diskussion der Ergebnisse zur Entwicklung dieser Parameter über die Zeit nicht möglich ist.

Im folgenden Abschnitt soll die Wechselbeziehung von Zucker- und Wasserhaushalt vor dem Hintergrund der Frosthärteentwicklung bei Konditionierungslagerung in unterschiedlichen Klimaten betrachtet werden, wobei sich die Betrachtung im wesentlichen auf die Daten des Versuchsjahres 1997 / 1998 konzentriert, da hier die Beobachtungen der Vitalitäts- und Frosthärteentwicklung der Eicheln aus drei „Basismodellen“ der Konditionierungslagerung anhand optimal verlaufener Keimtests besprochen werden können (Kap. 3.1, S. 63).

#### **4.3.3. Wechselbeziehung von Zucker- und Wasserhaushalt vor dem Hintergrund der Frosthärteentwicklung bei Konditionierungslagerung in unterschiedlichen Klimaten**

Zieht man als Maß für die physiologische Aktivität den Zuckerverbrauch als Hinweis auf die Atmungsaktivität heran, dann können die höheren Zuckergehalte in potentiell vitalen Eicheln aus kalt „arider“ gegenüber Eicheln aus warm „humider“ Konditionierungslagerung als Hinweis darauf gewertet werden, dass durch die Stresssituation in der Konditionierungslagerung unter zunehmend kalten „ariden“ Bedingungen den Eicheln das Senken des aeroben Atmungsstoffwechsels aufgezwungen wurde. Dabei zeigen die insgesamt abnehmenden Glucose- und Fructosegehalte, dass der Kohlenhydratstoffwechsel auch unter kalt „ariden“ Konditionierungsbedingungen nicht völlig ruhiggestellt, sondern nur verlangsamt wurde (Abb. 24, S. 90).

Die Eicheln aus warm „humider“ Konditionierungslagerung (KOND<sub>FL</sub> 1997 / 1998, KOND<sub>SW</sub> Variante 3 1996 / 1997) mit niedrigeren Glucose- und Fructosegehalten gegenüber Eicheln aus kalt „arider“ Konditionierung waren physiologisch offenbar aktiver. Da unter warm „humiden“ Bedingungen (KOND<sub>FL</sub> 1997 / 1998; KOND<sub>SW</sub> Variante 3 1996 / 1997) mit geringer Wasserabgabe an bzw. Entzug durch die Lageratmosphäre der Wassergehalt in den Eicheln durch das bei der Atmung freiwerdende Wasser ansteigen kann (Abb. 18, S. 81; Abb. 32, S. 105), ergibt sich bei Eicheln aus derartigen Konditionierungsbedingungen eine paradoxe Situation. Einerseits erhöht eine starke At-



mungsaktivität bei niedrigem Dampfdruckgefälle zur Atmosphäre den Wassergehalt in den Eicheln und führt durch Veratmung der Zucker zu einer Senkung des Gehaltes an Gefrierschutz erzeugenden Verbindungen durch Verdünnung und Nettoverbrauch. Andererseits deutet die Wechselbeziehung von Glucose- und Fructosegehalt gegenüber dem Saccharosegehalt (Abb. 27, S. 93) darauf hin, dass eine hohe Atmungsaktivität notwendig ist, um ausreichend Saccharose als Gefrierschutz im Zellsaft bereitstellen zu können.

Die bei den Eicheln der KONDFL über die Zeit und mit zunehmender potentiell überlebter Frosttiefe während der ersten 111 Tage Konditionierungsdauer an den aufeinander folgenden Terminen immer niedriger ausfallenden Glucose- und Fructosegehalte lassen sich nur durch eine vergleichsweise starke Atmungsaktivität erklären. Diese wiederum führte zu den insgesamt angestiegenen Wassergehalten der potentiell vitalen Eicheln. Da aber bei einer Betrachtung über die Zeit die Saccharosegehalte während dieser ersten 111 Tage Konditionierungsdauer um etwa den Betrag zunahmen, um den Glucose- und Fructosegehalte sanken (mg / g ETS, Anhang 1, Tab. 34, Tab. 35, Tab. 36), bedeutet dies, dass die hohen Saccharosegehalte das Ergebnis einer starken Stoffwechselaktivität sind. Dabei setzt die Atmung einerseits Wasser frei, andererseits führt aber auch durch eine Anteilsverschiebung (einseitiger Verbrauch nur von Hexosen) zur Erhöhung der Saccharosegehalte. Dabei scheint die Glucose die gegenüber der Fructose bei der Atmung bevorzugte Hexose zu sein, wie aus den vergleichsweise stärker abnehmenden Glucosegehalten geschlossen werden kann (Abb. 24, S. 90). Da mit der zunehmend tieferen überlebten Frosttemperaturen in den potentiell vitalen Eicheln neben den niedrigsten Glucose- und Fructosegehalten auch die niedrigsten Kotyledonenwassergehalte des jeweiligen Prüftermins ermittelt wurden, bedeutet dies, dass die Eicheln im Vorteil waren, die während der Konditionierungslagerung über die Atmung die stärkste Anteilsverschiebung von Glucose- und Fructose zu Gunsten der steigenden Saccharosegehalte erzielten oder möglicherweise auch Saccharose neu synthetisierten. Außerdem mussten diese Eicheln auch dazu in der Lage sein, bei niedrigem Dampfdruckgefälle zur Umgebungsatmosphäre vergleichsweise viel Wasser abzugeben, wie ein Vergleich mit erfrorenen Eicheln zeigt.

Die Entwicklung der Anteile vitaler Eicheln nach Frosthärtetests zeigt, dass diese Balance aus Atmung und Wassergehaltsregulation gegen ein niedriges Dampfdruckgefälle der Umgebungsatmosphäre während der warm „humiden“ Konditionierungslagerung

nur bei wenigen Eicheln zu einer Zucker-Wasser-Konstellation führte, die auch bei tieferen Temperaturen ein Überleben im Frost ermöglichte.

Im Zuge der weiteren Entwicklung dieser Konditionierungsvariante traten mit der Abnahme der Embryonenwassergehalte bei den potentiell vitalen Eicheln der jeweiligen Frosthärtetests, insbesondere nach der Überführung der Lagerpopulation in die kalt „ariden“ Konditionierungsbedingungen der  $KOND_{SW}$ , wieder höhere Glucose- und Fructosegehalte bei niedrigeren Saccharosegehalten auf. Dabei nahmen gleichzeitig die Anteile frostharter Eicheln, insbesondere gegen die Prüftemperaturen  $-6^{\circ}C$  und  $-8^{\circ}C$  zu. Unter diesen Klimabedingungen waren die Eicheln offenbar auf hohe Saccharosegehalte als Schutz gegen Eisbildung im Zellsaft nicht mehr angewiesen, möglicherweise weil die Wasser nachliefernde Atmung abnahm und gleichzeitig freiwerdendes Wasser permanent an die Umgebungsatmosphäre abgegeben wurde und so für die Eisbildung nicht mehr vorlag.

Die Eicheln der kälter und damit bei niedrigerer Luftfeuchte und zirkulierender Umluft „arider“ konditionierten Eicheln der  $KOND_{SW}$  1997 / 1998 (Abb. 13, S. 67) zeigten verglichen mit den Eicheln der  $KOND_{FL}$  eine raschere Abnahme ihres Wassergehaltes und eine langsamere Abnahme ihres Glucose- und Fructosegehaltes, was auf eine Abnahme der Atmungsaktivität schließen lässt. Bei folglich verminderter Wasserabgabe aus dem Atmungsstoffwechsel und gleichmäßiger Wasserabgabe an die Lageratmosphäre erlangte hier zunächst bis 111 Tage Konditionierungsdauer ein deutlich größerer Anteil der konditionierten Saatgutpopulation eine Frosthärte gegen  $-6^{\circ}C$  und  $-8^{\circ}C$  als bei den Eicheln der  $KOND_{FL}$ , trotz deutlich niedrigerer Saccharosegehalte bei insgesamt jedoch aufgrund der niedrigeren Atmungsaktivität höherem Gesamtzuckergehalt. Saccharose scheint demnach als Frostschutzmittel primär unter Konditionierungsbedingungen erforderlich zu sein, unter denen aufgrund starker Atmungsaktivität und geringerem Dampfpartialdruckgefälle die Eicheln eher zur Anreicherung als zur Abgabe von Wasser neigen. Erfrorene Eicheln zeichneten sich mit zunehmender Frosttiefe im Frosthärtetest zunehmend mehr durch höhere Wassergehalte und niedrigere Zuckergehalte aus.

Der Anteil erfrorener Eicheln nahm jedoch im Verlauf der Konditionierungslagerung stetig ab, während der Anteil vertrockneter Eicheln zu und infolgedessen die Anteile mit der Sprossachse gekeimter Eicheln abnahmen (Abb. 13, S. 67, Abb. 20, S. 85). Nach 188 Tagen Konditionierungslagerung war kein Unterschied im Keimergebnis zwischen den Eicheln der Konditionierungskontrolle und den einzelnen Frosthärteteststufen er-

kennbar. Die Schlussfolgerung hieraus ist, dass nicht nur das Vermögen leicht gefrierbares Wasser auszulagern sondern auch das Vermögen dehydratisierenden Bedingungen standzuhalten, als Bedingung für die Ausbildung von Frosthärte in Eicheln aufzufassen sind, was als Voraussetzung den Vitalitätserhalt der Eicheln impliziert.

Die Saatgutpopulation, welche bei im Tagesverlauf gleichbleibenden  $-3^{\circ}\text{C}$  in der Variante  $\text{KOND}_{\text{SCG}}$  durch Folienabdeckung bei niedriger Temperatur im Vergleich der Varianten des Versuchsjahres 1997 / 1998 in einem „Mittelklima“ zwischen „arid“ auf der einen und „humid“ auf der anderen Seite konditioniert wurde, zeigte im Keimtest fast genauso hohe Anteile frostharter Eicheln, wie sie bei der Saatgutpopulation der  $\text{KOND}_{\text{SW}}$  ermittelt wurden (Tab. 9, S. 76). Durch die Folienabdeckung der Lagerbehälter wurde hier jedoch durch den Schutz des Saatgutes vor der zirkulierenden Umluft das Dampfpartialdruckgefälle zwischen Eicheln und Lageratmosphäre gesenkt, was zu einem geringeren Wasserentzug führte und sich durch einen höheren Anteil erfrorener und einen kleineren Anteil vertrockneter Eicheln im Schnitttest bemerkbar zeigte (Anhang 1, Tab. 19, S. 210; Tab. 20, S. 211).

Diese Gegenüberstellung zeigt, dass der besondere Effekt der Tag / Nacht Temperaturwechsel primär im während der Nacht durch die Temperaturabsenkung erzeugten zunehmenden Dampfpartialdruckgefälle liegt und nicht im Temperaturwechsel an sich. Der Temperaturwechsel, insbesondere die Nachtabenkungen, könnte zwar theoretisch durch Drosselung des Atmungsstoffwechsels einen positiven Effekt ausüben, indem sie die Emission freier Radikale herabsetzt (LEPRINCE et al. 1995) und so das Auftreten durch die auf eine Aktivität freier Radikale zurückzuführende Schädigung verzögert. Angesichts der vorliegenden Ergebnisse tritt dieser mögliche positive Effekt gegen die Schädigung durch Trocknung jedoch nicht als vitalitätsverlängerndes Ereignis in Erscheinung.

Das entscheidende Problem der eine stärkere Frosthärte erzeugenden „ariden“ Konditionierung liegt letztlich darin, dass der Wassergehalt der Eicheln am unteren Schwellenwert bei hoher Frosthärte nicht fixierbar oder konservierbar ist und nur eine temporär sehr begrenzte Gleichgewichtssituation darstellt. Solange in den Protoplasten „freies“ Wasser enthalten ist, wird dieses offenbar ständig durch die bei Luftzirkulation und Frost herrschenden Dampfpartialdruckgefälle den Eicheln entzogen.

Da mit abnehmender Temperatur der Stoffwechsel gedrosselt wird, und damit die Wassernachlieferung aus dem Kohlenhydratstoffwechsel abnimmt, schlägt ab einem bestimmten Zeitpunkt die Wasserbilanz um, von positiv durch stärkere Zufuhr und geringe Abfuhr unter warm „humiden“ Konditionierungsbedingungen nach negativ durch ein Überwiegen des Wasserentzuges unter kalt „ariden“ Klimabedingungen, so dass sich neben der zunehmenden Frosthärte auch der kritische Punkt des Vertrocknens nähert.

Zum einen können sowohl der Verlust der Frosthärte durch erhöhte Stoffwechselaktivität als auch der Verlust der Vitalität durch Trocknungsschäden gemeinsam unter einem Lagerregime auftreten. Dies weist auf die hohe Variabilität innerhalb einer im Lager befindlichen Saatgutpopulation in der Reaktion auf das Konditionierungsklima hin und darauf, dass gemessen an der Reaktion der Eicheln die Übergänge zwischen den Eckbedingungen warm „humid“ und kalt „arid“ fließend sind.

Unterstrichen wird diese Aussage durch die hohe Variabilität zwischen Eicheln unterschiedlicher Gewichtsklassen (Kap. 3.4, S. 120), unterschiedlicher Mutterbäume und innerhalb der Nachkommenschaft eines Mutterbaumes (Kap. 3.5, S. 127) in der Reaktion auf die Konditionierungslagerung und die an die Konditionierung anschließenden Frosthärtetests.

#### **4.4. Überlegungen zur ökophysiologischen Bedeutung der frühen Keimung im Zusammenhang mit der Rekalzitranz der Eicheln**

Beim Vergleich der Vitalitäts- und Frosthärteentwicklung von Eicheln aus „humider“ und „arider“ Konditionierungslagerung stellt sich die Frage, bis zu welchem Grad die Eicheln überhaupt dazu in der Lage sind, sich aktiv gegen Frosttemperaturen im Sinne der Definition von PEARCE (1999) zu akklimatisieren und ob sich Eicheln, wie sie frisch vom Baum gefallen und physiologisch hoch aktiv eingelagert werden, überhaupt an stärkeren Frost akklimatisieren können. Da sich in den Konditionierungsversuchen zeigte, dass nur ein vergleichsweise kleiner Anteil der Eicheln aus rekalzitranzkonformen humiden Konditionierungsbedingungen (KOND<sub>FL</sub> 1997 / 1998; KOND<sub>SW</sub> Variante 3 1996 / 1997) eine Frosthärte gegen  $-6^{\circ}\text{C}$  oder  $-8^{\circ}\text{C}$  aufbaute und diese ohne Änderungen der induktiven Bedingungen auch wieder aufgab (KOND<sub>SW</sub> Variante 3 1996 / 1997), entsteht der Eindruck, dass die Anlage zur aktiven Akklimatisierung nur gering ausgebildet ist. Die Ausbildung einer tieferen Frosthärte scheint eher die Folge eines

durch niedrige Temperaturen und hohe Dampfpartialdruckgefälle erzwungenen und nur temporär zu ertragenden Wasserentzuges zu sein.

Damit führt die Betrachtung des Lagerverhaltens von Eicheln unweigerlich zu der Frage nach dem Sinn einer derartig hohen Anfälligkeit der Eicheln gegenüber ungünstigen klimatischen Bedingungen und der sofortigen hohen physiologischen Aktivität und Keimbereitschaft. Innerhalb des von SUSZKA et al. (1996) beschriebenen Verbreitungsgebietes von *Quercus robur* und *Quercus petraea* können nämlich mehr oder weniger unmittelbar nach dem Fruchtfall für das Fortkommen der Sämlinge ungünstige Klimabedingungen auftreten.

Aufgrund der Tatsache, dass am Standort etablierte Eichen unter induktiven Bedingungen akklimatisationsfähig sind, kann man jedoch unterstellen, dass das Genom der Eicheln eine entsprechende Adaption zur Reaktion auf Froststress aufweist. Die daraus resultierende Frage ist, ob die Eicheln in ihrem Zustand als physiologisch aktiver Same dies schon können oder ob nicht vor der Ausbildung von Frosthärte Prozesse ablaufen müssen (Keimung), um wie eine gekeimte, am Standort etablierte Pflanze auf induktive Bedingungen reagieren zu können. Diese Frage richtet sich z.B. auf Veränderungen des Hormonhaushaltes und der daraus resultierenden Effekte auf den Saccharose- und Raffinosegehalt, der Synthese von Proteinen und Aminosäuren. Die gesichtete Literatur gibt nur Auskunft über die dargestellten Reaktionen der Eicheln während der Fruchtentwicklung und in Trocknungsexperimenten, aber nicht darüber, welche Veränderungen durch den Keimprozess hinsichtlich der Frost- und Trocknungstoleranz in den Eicheln hervorgerufen werden.

GUSTA et al. (1996) weisen darauf hin, dass eine grundsätzliche Regel darin liegt, dass nur Pflanzen mit einem Ruhebedürfnis oder Vernalisationsbedürfnis sich an sehr niedrige Temperaturen akklimatisieren können. Der Akklimatisationsprozess benötigt dabei mehrere Tage bis Wochen, um eine maximale Stresstoleranz zu erzielen, wobei die Grenze zur induktiven Temperatur zwischen den Pflanzenarten variiert und Gehölze sich schon bei höheren Temperaturen akklimatisieren als z.B. Sommerannuelle (GUSTA et al. 1996). Möglicherweise liegt aber gerade in der hohen physiologischen Aktivität und der sofortigen Keimbereitschaft nach dem Fruchtfall die Strategie der Eicheln, sich vor ungünstigen Klimabedingungen zu schützen.

Da gesunde Eicheln und Eichelembryonen beim Abschwemmen auf den Grund sinken, haben sie eine höhere Dichte als Wasser, was darauf schließen lässt, dass zumindest in

den Kotyledonen wenig mit Luft gefüllte Interzellularen vorliegen. Das bedeutet, dass die Verlagerung von Wasser aus den Protoplasten in die Interzellularräume als Schutz gegen Eisbildung in den Zellen für Eicheln nicht bzw. nur sehr begrenzt in Frage kommt und damit auch nicht die Rückverlagerung von Wasser nach Ende des Froststresses in die Zellen zurück. Die Wasserabgabe erfolgt im wesentlichen an die Atmosphäre und ist damit endgültig. Da aber ein gewisser Grad an Entwässerung die Frosthärte der Eicheln während des Winters deutlich erhöht, ist es für die Eicheln vorteilhaft, Wasser zu verlieren und zum Zeitpunkt des Bedarfes wieder verfügbar haben zu können.

Eine nennenswerte Wasseraufnahme über die Oberfläche der ganzen Eichel oder ihrer freigelegten Kotyledonen war in mehrtägigen Tauchexperimenten weder an frischen noch an trockenen Eicheln zu beobachten, so dass die von SANFTLEBEN (1996) beobachtete Zunahme des Wassergehaltes von 2 % bis 4 % während der Thermotherapie vermutlich allein aus einer Wasserbindung im Perikarp resultiert und somit den Eicheln physiologisch nicht zur Verfügung steht, d.h. auch Regen, Schnee und Tau können vermutlich nicht über die äußere Oberfläche der Eicheln aufgenommen werden und verlorenes Wasser ersetzen.

Möglicherweise liegt demzufolge ein Grund für die Neigung der Eicheln, kurz nach dem Fruchtfall noch vor dem Winter zu keimen, darin, dass verlorenes Wasser über die im Boden etablierte Keimwurzel bei entsprechend günstigen Umweltbedingungen wieder aus dem Boden nachgeliefert werden kann und damit für den weiteren Keimprozess der Sprossachsen zur Verfügung steht. Nach Berechnung von PRITCHARD und MANGER (1990) sind vor Wintereinbruch mehr als 50 % der gefallenen Eicheln mit der Radikula gekeimt. GUTHKE (1992) konnte in Freilandversuchen die Radikulakeimung in ähnlicher Größenordnung beobachten.

Die Frühzeitigkeit der Keimung ist neben einer noch vor Wintereinbruch ausreichend langen Etablierungsphase auch geboten, um die sich streckende Keimwurzel vor Frostschäden zu schützen. Nach Beobachtung einiger Autoren (NEMKY 1964; SCHÖNBORN 1964; PRAVDIN und FILIMONOVA, cit. ex CHMIELARZ 1997 a; SCHRÖDER 1999) sind Eicheln in der Frühphase des Keimvorganges, wenn die Radikula wenige Millimeter aus dem Perikarp gestreckt ist, besonders empfindlich gegenüber Frosttemperaturen.

Diese erhöhte Frostempfindlichkeit im angekeimten Zustand ist vermutlich auf die Akkumulation von Wasser zur Erhöhung des Turgordruckes nach Abbau des endogenen Abscisinsäure(ABA)-Spiegels zurückzuführen (FINCH-SAVAGE et al. 1992; FINCH-

SAVAGE und CLAY 1994 a). Der Aufbau des Turgordrucks wird benötigt um, die Streckung der keimenden Radikula zu realisieren, d.h. zuerst das Sprengen des verholzten Perikarps und anschließend Zellstreckung und Zellteilung zur Etablierung der Keimwurzel im Boden.

Vor diesem Hintergrund macht der vor dem Fruchtfall erfolgende Abbau des ABA-Gehaltes einen Sinn, da die hormonelle Keimhemmung im Interesse einer möglichst raschen Keimung noch vor Beginn der ersten Fröste aufgehoben sein muss.

Vor dem Fruchtfall soll der hohe ABA-Gehalt offenbar die vorzeitige Keimung während Fruchtentwicklung verhindern (FINCH-SAVAGE et al. 1992; FINCH-SAVAGE und CLAY 1994 b). Bei *Quercus petraea* wird diese Keimhemmung z.T. bereits am Baum aufgehoben, wie aus den Angaben von SUSZKA et al. (1996) zu schließen ist.

An Eicheln von *Quercus robur* konnten nach Ausbildung eines Peaks des endogenen Abscisinsäuregehaltes (ABA) etwa im zweiten Drittel der Fruchtentwicklungsphase zum Zeitpunkt des Fruchtfalls deutlich niedrigere ABA-Gehalte beobachtet werden (FINCH-SAVAGE et al. 1992; FINCH-SAVAGE und BLAKE 1994; FINCH-SAVAGE und FARRANT 1997), begleitet von zunehmenden Indolessigsäurekonzentrationen (IAA, indol acetic acid) in Embryoachse und Kotyledonen sowie gleichbleibend hohen Gehalten von Zeatin und Zeatinribose während der späteren Stadien der Entwicklung der Embryoachsen (FINCH-SAVAGE und FARRANT 1997). Die Autoren gehen davon aus, dass das Aufrechterhalten eines aktiven Stoffwechsels und die rasche Keimung nach dem Fruchtfall bei Eicheln von *Quercus robur* mit dieser hormonellen Konstellation in Verbindung zu bringen ist.

Möglicherweise reagieren so mit der Radikula gekeimte und zur Wasseraufnahme aus dem Boden fähige Eicheln wie voll etablierte Pflanzen, d.h. nach erfolgter Radikula-keimung tritt eine Ruhephase ein und die damit einhergehenden Akklimatisierungsprozesse zur Frosthärteausbildung.

#### **4.5. Anwendung der diskutierten Ergebnisse auf ausgewählte Beispiele der Literatur**

Verfolgt man die Angaben zur Frosthärteentwicklung bei Eicheln in der Literatur, dann lässt sich die Toleranz bzw. Sensibilität der Eicheln vor dem Hintergrund der hier dis-

kutierten Zusammenhänge häufig durch die Lagerbedingungen und den vor der Einlagerung erfolgten Behandlungen erklären.

Das bei Lagerung größerer, von der im Kühllager zirkulierenden Luft durch die Lagerbehälter abgeschirmten Einheiten beobachtete „Schwitzen“ (SCHRÖDER 1999), das starke Erwärmen dicht gelagerter Eicheln (WALKENHORST 1984) und die direkt nach oder auch schon vor dem Fruchtfall einsetzende Keimung der Radikula (SUSZKA et al. 1996) weisen darauf hin, dass Eicheln insbesondere während der Anfangsphase der Lagerung direkt nach dem Fruchtfall offensichtlich physiologisch sehr aktiv sind. Ziel des vor der Einlagerung der Eicheln in der Praxis durchgeführten Ausbreitens der Früchte in dünnen Schichten und des regelmäßigen Wendens ist es, Wasser aus den Eicheln abzuführen und auf dem Weg eine Senkung der Stoffwechselaktivität zu bewirken. Würden Eicheln ohne diese Vorbehandlung direkt nach der Ernte eingefroren werden, dann wäre aufgrund des hohen Wassergehaltes mit Schäden durch Eisbildung zu rechnen. Das Problem der Praxis liegt hier jedoch scheinbar primär in der technischen Durchführbarkeit einer raschen Abkühlung des z.B. in Tonnen eingelagerten Saatgutes (SCHRÖDER 1999), so dass der zunächst erwünschte Effekt der Abtrocknung in einer Senkung der Stoffwechselaktivität mit dem Ziel der Temperatursenkung liegt und nur sekundär eine Steigerung der Frosthärte durch Wasserentzug aus den Eicheln.

Nach BROWSE und SIEDOW (2000) können Trocknung und Kälte den Atmungsstoffwechsel drosseln, bei dem neben Wasser und CO<sub>2</sub> je oxidiertem Glucose 44% der gespeicherten Energie als Wärme frei werden. Letzteres kann das bei Lagerung in großen, schwer kühlbaren Lagereinheiten leicht auftretende Überhitzen (MESSER 1951; WALKENHORST 1984) erklären.

Die nach der Saatgutvorbehandlung in den oben beschriebenen und diskutierten Versuchen beobachteten Effekte der Klimaführung auf die Vitalitäts- und Frosthärteentwicklung, unter Berücksichtigung der Lagerbehälter, lassen sich auf in der Literatur beschriebene Versuchsanlagen übertragen.

In flachen mit einem Deckel versehenen 3cm in den Boden eingesenkten Plastikkästchen, welche die Entstehung eines „humiden“ Klimas mit geringem Dampfdruckgefälle zwischen Eicheln und umgebender Atmosphäre im Lagerbehälter ermöglichen, traten in Freilandversuchen von SUSZKA (1999) massive Vitalitätseinbußen nach Frosteinwirkung (bis -14°C) bei den untersuchten Eicheln von *Quercus robur* auf.



In undicht verschlossenen Behältern im Kühlraum bei  $-3^{\circ}\text{C}$ , also auch einer Lagersituation mit der Möglichkeit, ein „humides“ Klima im Lagerbehälter zu etablieren, konnte SUSZKA (1999) nach Frosthärtetests bei  $-7^{\circ}\text{C}$  zunächst einen Anstieg der Keimergebnisse von 21% auf 71% nach vier Wochen Lagerung beobachten. Dem schloss sich ein Nachlassen der Keimergebnisse auf 46% und 47% in der sechsten und achten Beobachtungswoche an, gefolgt von einem Wiederanstieg der Keimergebnisse auf 66% in der zehnten Beobachtungswoche. Die nicht durch Frost gestresste Lagerkontrolle zeigte dabei weitestgehend gleichbleibende Keimergebnisse.

Dieses Bild entspricht den eigenen Beobachtungen zum Ablauf von Ab- und Enthärtungsvorgängen aufgrund einer Rhythmik der Frosthärteentwicklung unter „humiden“ Konditionierungsbedingungen in Klimakammern mit niedrigem Dampfdruckgefälle zwischen Eicheln und Lageratmosphäre (Abb. 31, S. 103 sowie SCHLEGEL und SPETHMANN 1999).

Durch Senken der Konditionierungstemperatur in 2K Schritten im ca. 14 tägigen Abstand von  $-1^{\circ}\text{C}$  bis  $-9^{\circ}\text{C}$  konnte SUSZKA (1999) einerseits die Ausbildung einer tieferen Frosthärte gegen die Prüftemperatur  $-7^{\circ}\text{C}$  beobachten als bei gleichbleibenden  $-3^{\circ}\text{C}$  (s.o.), andererseits auch einen Verlust der Vitalität nach Erreichen der  $-7^{\circ}\text{C}$  Konditionierungsstufe. Ersteres ist vermutlich auf ein stärkeres Dampfdruckgefälle durch niedrigere Temperaturen zurückzuführen und letzteres zumindest zum Teil darauf, dass in den undicht verschlossenen Behältern von den Eicheln trotz der tieferen Temperaturen nicht genug Wasser ausgelagert werden konnte, um  $-7^{\circ}\text{C}$  und  $-9^{\circ}\text{C}$  ohne Eisbildung zu überleben. Die Konditionierungskontrolle keimte im Anschluss an die  $-9^{\circ}\text{C}$  Konditionierungslagerung noch mit ca. 35%, während SCHRÖDER (1999) bei konzeptionell ähnlichem Versuchsaufbau mit Eicheln von *Quercus robur* im Anschluss an die  $-9^{\circ}\text{C}$  Konditionierungsstufe noch eine Keimung bei ca. 70% der Stichprobe beobachten konnte. Im Gegensatz zu SUSZKA (1999) führte SCHRÖDER (1999) die ebenfalls durch schrittweises Senken der Konditionierungstemperatur verfolgte Frosthärtung gegen  $-9^{\circ}\text{C}$  in gelochten Kunststoffbeuteln im Kühlschrank mit zirkulierender Umluft durch, also unter Bedingungen eines ständigen Dampfdruckgefälles zwischen Eicheln und Umgebungslageratmosphäre. Dabei gefror nach SCHRÖDER's Angaben zu Beginn der Konditionierungslagerung von den Eicheln abgegebenes Wasser auf der Oberfläche und der Wassergehalt der Eicheln nahm über die Konditionierungsdauer ab.

Die von SCHRÖDER (1999) untersuchten Eicheln von *Quercus petraea* zeigten bei höherem Wassergehalt eine deutlich geringere Toleranz gegenüber den zunehmend kälter

werdenden Konditionierungsbedingungen als die Eicheln von *Quercus robur* mit vergleichsweise niedrigerem Wassergehalt.

Die Ergebnisse von GUTHKE (1993), nach denen innerhalb des 18 wöchigen Beobachtungszeitraumes die Frosthärteentwicklung der unter Tag / Nacht Wechseltemperaturbedingungen bei +5°C und 0°C im 12h Intervall konditionierten Eicheln von *Quercus robur* den Verlauf einer Sättigungskurve annimmt, können ebenfalls auf ein beständiges Dampfpartialdruckgefälle und somit ein kontinuierliches Abführen des im Atmungsstoffwechsels freigesetzten Wassers erklärt werden. In eigenen Versuchen konnte hier zu Beginn der Versuchsreihen zu den Wirkungen unterschiedlicher Wechseltemperaturregimes beobachtet werden, dass in diesem direkt gekühlten Lager auch unter Folienabdeckung der Saatgutlagerkisten eine allmähliche Trocknung des Saatgutes erfolgte, ohne jedoch vitalitätsmindernde Trocknungsschäden zu verursachen.

Unter natürlichen Klimabedingungen beobachtete OPPERMANN (1913), dass Eicheln von *Quercus robur* in einem Netzbeutel im Freien aufbewahrt und damit dem „immer zunehmenden Frost ausgesetzt“ nach einer Temperatur von -9°C noch zu 69% keimten. Diese Beobachtung ist vermutlich ebenso auf einen allmählichen Wasserentzug durch ein Dampfpartialdruckgefälle aus den Eicheln an die Umgebungsatmosphäre zu erklären wie entsprechende Beobachtungen anderer Autoren (MESSER 1951; NEMKY 1964, GUTHKE 1992) zur natürlichen Frosthärteentwicklung bei Eicheln.

NEMKY (1964) beschrieb, dass „reifere“ Eicheln im Verlauf des Winters eine gewisse Frostbeständigkeit entwickelt hätten, wodurch sich Winterfröste nicht so schädlich auswirken würden wie Herbst- oder frühe Winterfröste und zieht entsprechend der hier geführten Diskussion aus Gefrierexperimenten den Schluss, dass zu hohe Wassergehalte Frostschädigungen durch Eisbildung bewirken, während zu niedrige Wassergehalte in den Eicheln zum Vitalitätsverlust durch Trocknung führen.

GUTHKE (1992) konnte im Freiland unter einer natürlichen Laubschicht und bei ca. 5cm tiefer Einsaat im Feld unter Einwirkung von natürlichen Frösten bis -3,2°C im Boden und ohne Abschirmung der Luftbewegung bei Temperaturen bis -8°C eine tiefere Abhärtung bei Eicheln von *Quercus petraea* gegen Frosttemperaturen beobachten als unter den Klimabedingungen eines Mantelkühlraumes ohne Luftzirkulation bei +0,5°C. Auch hier wird der Hintergrund vermutlich in dem stärkeren Dampfpartialdruckgefälle zwischen Eicheln und Umgebungsatmosphäre im Freiland gegenüber der Mantelkühlraumzelle zu suchen sein.

Im Mantelkühlraum trat bei GUTHKE (1992) der auch in den hier beschriebenen Versuchen (Abb. 12, S. 64; Abb. 31, S. 103) beobachtete Frosthärteverlust unter „humiden“ Konditionierungsbedingungen ohne den Einfluss natürlicher Umweltbedingungen auf.

#### **4.6. Bedeutung der Stärkereserven für die Energieversorgung während der Konditionierung**

Im Gegensatz zu GUTHKE (1992) wurde im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen kein kontinuierlicher Stärkeabbau beobachtet, sondern vielmehr ein Gleichbleiben oder Ansteigen der Stärkegehalte in der Embryontrockensubstanz (Abb. 30, S. 99). Dabei zeichnete sich mit zunehmend warm „humider“ Konditionierungslagerung eine zunehmende Tendenz zu höheren Stärkegehalten in erfrorenen Eicheln gegenüber potentiell vitalen Eicheln ab (Anhang 1, Tab. 37, Tab. 46, Tab. 55) bei niedrigeren Glucose- und Fructosegehalten (Anhang 1, Tab. 34, Tab. 35, Tab. 43, Tab. 44, Tab. 52, Tab. 53).

Für eine zumindest zeitweise Beteiligung der Stärke am Energiehaushalt der lagernden Eicheln spricht, dass während der ersten 69 Tage Konditionierungsdauer bei den als potentiell vital klassifizierten Eicheln der KONDFL (KONDSC bis 111 Tagen Konditionierungsdauer) der Gesamtzuckergehalt anstieg, wofür als Quelle nur die eingelagerte Stärke in Betracht kommt.

Ein Argument gegen die Stärke als nennenswerten Energielieferanten während der Lagerung ist, dass im Gegensatz zu den Zuckern die Stärkegehalte potentiell vitaler Eicheln nicht abnehmen, sondern in den dargestellten Versuchen eher gleich blieben, z.T. sogar zunahmen.

Die Beobachtung, dass in allen Konditionierungslägern die als potentiell vital bonitieren Eicheln im Laufe der Zeit immer geringere Gesamtzuckergehalte aufwiesen, ist ein Zeichen dafür, dass vitale Eicheln aller Konditionierungsvarianten ihren Stoffwechsel während der Konditionierungslagerung nicht einstellen.

Die Zunahme bzw. das Gleichbleiben des Stärkegehaltes kann daher als relative Zunahme der Stärke in der Trockensubstanz durch Abnahme des Gehaltes u.a. der untersuchten Zucker, d.h. als Verschiebung von Anteilen angesehen werden.

Wäre die Stärke als nur aus Glucoseeinheiten zusammengesetztes Homoglukan (RICHTER 1988) in größerem Ausmaß an der Bereitstellung von Glucose für die Glykolyse beteiligt, dann wäre außerdem ein einseitiges Ansteigen der Glucosegehalte zu erwarten. Tatsächlich wurde aber das Glucose- zu Fructoseverhältnis in den Konditionie-

runungskontrollen der untersuchten Varianten weiter, was zumindest bedeutet, dass der Glucoseverbrauch stärker war als die Glucosenachlieferung aus der Stärke.

Die bei der hydrolytischen Stärkespaltung anfallende Maltose, welche in einem weiteren Schritt durch Maltase zu Glucose zerlegt wird (HEB 1988; RICHTER 1988; BROWSE und SIEDOW 2000), wurde für die vorliegende Arbeit zwar nicht analysiert, GUTHKE (1992) wies jedoch darauf hin, dass Maltose im Rahmen seiner Versuche nur in „Spuren“ angetroffen wurde. Das kann ebenfalls als Anzeichen für eine nur geringe Beteiligung aus Stärke stammender Glucose am Atmungsstoffwechsel der lagernden Eicheln interpretiert werden.

Diese Beobachtungen lassen darauf schließen, dass in den durchgeführten Versuchen von den Eicheln aller Konditionierungsvarianten aus Stärke scheinbar nur sehr geringe Mengen an Zucker mobilisiert wurden, d.h. der Stoffwechsel griff während der Dauer der für diese Arbeit durchgeführten Konditionierungsversuche nicht auf die Stärke zurück, sondern wurde weitestgehend durch die zum Zeitpunkt des Fruchtfalls vorhandenen, direkt aus der als Transportform der Zucker fungierenden Saccharose bestritten.

Möglicherweise dient der Stärkevorrat primär als Energielieferant während der Keimung bis zur vollständigen Autotrophie des Sämlings. Nach Beobachtungen von GUTHKE (1992) verbrauchen Eicheln während der Keimung im Mittel zwischen 30 % und 40 % der eingelagerten Stärke.

#### **4.7. Resümee**

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass das avisierte Ziel einer Langzeitlagerung von Eicheln über die zur Zeit mögliche Dauer von ca. 2 bis 3 Jahren (1 bis 3 Überwinterungen) allein durch Modifikation der Klimaparameter Temperatur und Luftfeuchte nicht zu erreichen ist. Die Reaktionen der Eicheln auf unterschiedliche Klimaregime im Lager wurden dargestellt und erläutert, mit dem Resümee, dass Eicheln unter rekazitranzkonformen "humiden" Klimabedingungen ihren Stoffwechsel und damit einen vergleichsweise hohen Wassergehalt aufrechterhalten und in Folge dessen eine nur geringe Frosthärte ausbilden.

Abgesehen davon, dass die fortschreitende Keimung unter rekazitranzkonformen Bedingungen die Eicheln zur Aussaat zunehmend unbrauchbar macht, führt der anhaltende aerobe Stoffwechsel zur "Saatgutralterung" und die im Zusammenhang damit beobachteten Erscheinungen nachlassender Vitalität der eingelagerten Saatgutpopulationen (genetische Entmischung) (GUTHKE 1992, KIM 1999), wofür eine Kernursache

tische Entmischung) (GUTHKE 1992, KIM 1999), wofür eine Kernursache vermutlich in der Aktivität freier Radikale liegt (KUNERT und EDERER 1985).

Werden Eicheln unter zunehmend "ariden" und damit zunehmend rekazitranzkonträren Klimabedingungen gelagert / konditioniert, wird zunächst durch einen Wasserentzug aus den Eicheln eine hohe Frosthärte der Eicheln erzeugt. Längerfristig ist jedoch das zunehmende Auftreten von Trocknungsschäden an einem zunehmend größer werdenden Anteil der eingelagerten Saatgutpopulation die Folge. Rekazitranzkonträre Bedingungen entstehen durch zunehmenden Frost, auch wenn dieser nicht zu Erfrierungen durch Eisbildung in den Zellen führt, sowie durch Luftbewegung im Lagerraum (direkte Kühlung).

#### **4.7.1. Gedanken zum Forschungsbedarf**

##### **4.7.1.1. Schutzstoffe**

Um die durch die Physiologie der Eicheln diktierten Grenzen durchbrechen und dadurch die Lagerdauer deutlich verlängern zu können, muss der Stoffwechsel der Eicheln gewissermaßen auf den Kopf gestellt werden.

Mit den vergleichsweise simpel zu handhabenden Methoden der Regulation von Temperatur und Luftfeuchte im Lagerraum bzw. Lagerbehälter ist es nicht gleichzeitig möglich, die Stoffwechselaktivität zu senken und Gefriertrocknung zu vermeiden, weil sich der Stoffwechsel über die Temperatur offenbar nur im Bereich tieferer Frosttemperaturen drosseln lässt. Das führt zwangsläufig den Gesetzen der Physik folgend (STUART UND KLAGES 1988) zu einer Frosttrocknung. Folglich müssen Wege gefunden werden, die geeignet sind Trocknungstoleranz zu induzieren, durch Drosselung des aeroben Stoffwechsels die Aktivität freier Radikale zu vermindern oder die Schutzmechanismen der Eicheln gegen Radikale zu verstärken. Es muss der Stoffwechsel und der daraus resultierende Keimprozess lagernder Eicheln reversibel zu stoppen sein.

Es muss über Wege nach gedacht werden, die es ermöglichen können, den Stoffwechsel beeinflussende Substanzen von außen als Gas oder als flüssig formulierte Verbindung durch die Oberflächen des Eichelembryos in die inneren Gewebe der Eichel einzuschleusen (Radiculaspitze, Kotyledonenoberflächen, hier in erster Linie die äußeren Seiten, welche im vollständig gekeimten und damit aufgespreizten Zustand physiolo-

gisch die Blattunterseiten darstellen). Dort müssen sie zum Zielort hin translozierbar sein, ohne in nichtwirksame oder toxische Metabolite umgewandelt zu werden.

#### 4.7.1.1.1. Gase

Die vergleichsweise einfachere Lösung liegt offenbar in einer Manipulation des Gasgemisches im Lagerraum bzw. Lagerbehälter, da aus den Versuchsergebnissen von GUTHKE (1992) und NATZKE (1999) geschlossen werden kann, dass Gase durch das Perikarp und die Testa in die Eicheln eindringen und einen Effekt erzeugen können, ohne dass Perikarp und Testa entfernt werden müssen. Beide Autoren beschäftigten sich mit der Manipulation des Sauerstoff:Kohlendioxid-Verhältnisses in der Lageratmosphäre in Versuchen, mit welchen analog zur Kernobstlagerung die Eignung der Eicheln zur CA/ULO (controlled atmosphere/ultra low oxygen)-Lagerung geprüft werden sollte. Beide Autoren mussten jedoch feststellen, dass durch Erhöhung des CO<sub>2</sub> Gehaltes und Senkung des O<sub>2</sub> Gehaltes in der Lageratmosphäre keine Verbesserung des Lagerungserfolges im Vergleich zur Kühlagerung in normaler Atmosphäre zu erzielen war, weder hinsichtlich der Lagerdauer noch des Vitalitätserhaltes. NATZKE (1999) konnte nach dreimonatiger Lagerung bei -1°C deutlich geringere Keimergebnisse bei Eicheln aus Lägern mit erhöhtem CO<sub>2</sub>-Gehalt (10% und 20% bei 14% O<sub>2</sub> und 16 % bzw. 66% N<sub>2</sub>) beobachten, während Eicheln aus einer Atmosphäre mit 100% N<sub>2</sub> Keimergebnisse entsprechend der Kontrolle aus dem Normallager lieferten.

Interessant wäre es hier, die Keimergebnisse nach einer noch längeren Lagerdauer in einer 100% N<sub>2</sub>-Atmosphäre zu ermitteln. LEPRINCE et al. (1995) konnten an Bohnen- und Maiskeimlingen darstellen, dass durch Senkung der Temperatur und des Sauerstoffanteils sowie Erhöhung des Stickstoffanteils in der Trocknungsatmosphäre bei trocknungssensiblen Geweben auf Radikalaktivität zurückzuführende Schädigungen abnahmen.

GUTHKE (1992) konnte als einzigen physiologischen Effekt erhöhter CO<sub>2</sub>-Gehalte in der Lageratmosphäre eine Abnahme des Fettverbrauches während der Lagerung beobachten.

Ein positiver Effekt erhöhter CO<sub>2</sub>-Gehalte besteht nach NATZKE (1999) jedoch darin, dass dadurch das Wachstum des Schwarzfäulepilzes (*Ciboria batschiana*) gebremst werden kann.

In der Entwicklung einer für Eicheln geeigneten CA/ULO-Lagerung kann deshalb schon allein aus phytosanitärer Sicht ein interessantes Potential liegen, auch wenn die Lagerdauer gegenüber der bislang üblichen Lagerung im gekühlten Normallager nicht wesentlich verlängert werden kann. Insbesondere auch mit Blick auf das Verbot der Saatgutbeizung und der möglichen unerwünschten Nebeneffekte der Thermotheapie wäre ein derartiges Lagerverfahren interessant, vorausgesetzt, dass es im Vergleich zur Normallagerung eben nicht zu einer Verschlechterung der erzielbaren Keimerggebnisse kommt.

#### **4.7.1.1.2. Flüssig formulierte Verbindungen**

Von DELFS-SIEMER und PINNOW (1993) wurde bereits vermutet, dass es durch einfache Tauchbehandlungen nicht zur Aufnahme nennenswerter Mengen der in der Tauchlösung enthaltenen Substanzen (Ascorbinsäure, Sorbinsäure, Kaliumphosphat, Cumarin und Abscisinsäure im Thermotheapiewasser) kam, da die Wasseraufnahme der Eicheln und damit der darin gelösten Wirkstoffe während der Thermotheapie sehr gering war. Die Ergebnisse der Behandlungen ließen sich nicht von den Ergebnissen ohne Zugabe dieser Substanzen unterscheiden.

Die überaus komplexe Problematik der Stoffaufnahme flüssigformulierter Substanzen wurde insbesondere im Bereich der Pflanzenschutzmittel eingehend untersucht (z.B. KIRKWOOD 1987; BAKER and HUNT 1988; GEYER and SCHÖNHERR 1988; WILLS and MCWHORTER 1988; GEYER und SCHÖNHERR 1990; SCHÖNHERR und BAUR 1994; BAUR und SCHÖNHERR 1995; BAUR und SCHÖNHERR 1996), die komplexen Zusammenhänge hier darzustellen würde das Thema der vorliegenden Arbeit zu weit verlassen.

Im Folgenden soll jedoch daraus abgeleitet auf einige Probleme hingewiesen werden, die im Zusammenhang mit der Aufnahme flüssig formulierter Wirkstoffe auftreten können und die demzufolge zu lösen sind, bevor überhaupt sinnvoll die Durchführung von Versuchen zur Manipulation des Stoffwechsels der Eicheln mit flüssig formulierten Wirkstoffen weiter verfolgt werden kann.

Die ersten Probleme treten an Perikarp und Testa auf, wenn die Aufnahme nicht über die auskeimende Radikula erfolgen kann. Zum einen weil idealerweise die zur Lagerung bestimmten Eicheln nicht ausgekeimt sind und das Perikarp demzufolge geschlossen, bestenfalls am Apex leicht angerissen ist. Zum anderen, weil selbst wenn die Radikula

soweit ausgekeimt ist, dass eine Stoffaufnahme erfolgen kann, der Massenfluss in den Apex der Embryoachse und die Kotyledonen als Transportweg wahrscheinlich nicht in Betracht kommt. Es kämen hier also nur Wirkstoffe in Frage, die nach der Aufnahme aktiv durch Pumpensysteme transloziert werden.

Ist man darauf angewiesen, dass die Aufnahme über die Kotyledonen erfolgen muss, so müssten zunächst vermutlich das Perikarp und die Testa entfernt werden, da sich diese Strukturen wahrscheinlich als aufnahmebegrenzende oder sogar eine Stoffaufnahme unterbindende Hindernisse erweisen werden.

Weniger aus experimenteller Sicht als mehr mit Blick auf die angewandte Praxis liegt das Problem darin, dass bei frischen Eicheln das Perikarp schlecht von den Kotyledonen löst und bei zu tiefen Schnitten in das Pericarp die Kotyledonen Läsionen erleiden, welche als potentielle Eintrittspforten für Krankheitserreger fungieren können. Bei älteren Eicheln besteht die Gefahr des Zerreißen der Eicheln am Hypokotyl nach Lösung der geschrumpften Kotyledonen voneinander.

Über eine Möglichkeit, den Schälvorgang automatisiert durchzuführen, ist nichts bekannt.

Automatisierte, mechanische oder (bio)chemische Schälverfahren müssten die zwischen den Eicheln und innerhalb der einzelnen Eicheln variierenden Perikarpstärken (SCHRÖDER 1999) berücksichtigen.

Das Entfernen der Testa, die nur als dünne Haut den Embryo umhüllt, erwies sich in Versuchen an frischen Eicheln als schwierig. Dieses dünne Häutchen zerreißt leicht beim Abziehen von den Kotyledonen und Nachschalen verletzt die Oberfläche (Kutikula) der Eicheln, die neben einer Barriere gegen Pathogene auch eine Barriere gegen Wasserverlust darstellen (GEYER und SCHÖNHERR 1988) und somit vor Austrocknung schützt.

In Grundlagenexperimenten zur Aufnahme von Calcium und Prolin deutete sich an, dass die Testa nicht von diesen Substanzen durchdrungen wird und dass dementsprechend keine Aufnahme in die Kotyledonen erfolgte. In Stichproben konnte bis zu 90% der applizierten Substanzen in der Testa unter der Applikationsstelle gefunden werden.

Nach Entfernen des verholzten Perikarps und der Testa stellt beim freigelegten Embryo die Kutikula als eine die pflanzliche Oberflächen überziehende, nichtzelluläre, lipophile Haut die limitierende Barriere bei der Stoffaufnahme dar. BAUR und SCHÖNHERR (1996)



stellten dar, dass die überwiegend durch die Kutikula von Blättern und Früchten erfolgende Penetration durch die Permeabilität der Kutikula und den Konzentrationsunterschied über der Kutikula (treibende Kraft) bestimmt wird. Beide Größen werden durch wirkstoffspezifische Faktoren (Teilchengröße, Verteilungskoeffizient, Löslichkeit, Ladung), die Eigenschaften von Zusatzstoffen in Formulierungen sowie den äußeren Faktoren Temperatur und Luftfeuchtigkeit beeinflusst.

Aus experimenteller Sicht bedeutet dies, dass die Aufnahmeeigenschaften der Eichelkutikula für in Frage kommende Wirkstoffe (z.B. Abscisinsäure, Ascorbinsäure, Prolin und andere Aminosäuren, Kalium, Saccharose, Raffinose, Glycinbetain, etc) untersucht werden müsste. Es müssten Formulierungen für die in Betracht kommenden Wirkstoffe gefunden werden, die eine ausreichende Aufnahme des Wirkstoffs unter den Eichelkätzchenbedingungen ermöglichen, insbesondere mit Blick auf die Luftfeuchte und Temperatur während der Eintrocknung der applizierten Verbindung.

Wenn die Aufnahmebedingungen für Wirkstoffe, welche die gewünschten Eigenschaften wie Dormanz, Trocknungstoleranz oder Frosttoleranz hervorrufen könnten, bekannt sind und es gelingt, derartige Verbindungen durch die Kutikula in die Eichelkätzchen einzuschleusen, dann muss bestimmt werden, ob die aufgenommenen Mengen ausreichen, um die gewünschten Effekte zu erzielen. Außerdem muss geprüft werden, ob diese Verbindungen auch in ausreichender Menge zum Zielort transloziert werden können, d.h. sie dürfen nicht unmittelbar nach der Aufnahme in oberflächennahen Gewebestrukturen gebunden werden, z.B. aufgrund ihrer Ladung. Die in Frage kommenden Substanzen müssten im wässrigen Zellmedium translozierbar (systemisch) sein (z.B. keine hydrophoben Verbindungen wie Tocopherol) und dürfen während des Transports nicht in unwirksame oder toxische Metabolite umgewandelt werden.

Für die auf den ersten Blick äußerst interessante ABA stellten GUSTA et al. (1996) in ihrem Review-Artikel z.B. heraus, dass die Aufnahme durch die Kutikula und die Translokation sehr langsam erfolgen, während über die Wurzel eine vollständige Aufnahme und anschließende Translokation beobachtet werden konnte. Ersteres ist möglicherweise die Ursache dafür, dass exogen über das Blatt applizierte ABA nicht in dem Maße Frosttoleranz erzeugen kann wie induktive Temperaturen (GUSTA et al. 1996).

Unter Verwendung radioaktiv markierter Isotope (z.B.  $^{14}\text{C}$  und  $^3\text{H}$  markierte Ascorbinsäure, Prolin, Glycinbetain, Abscisinsäure, etc.) könnte nach Aufschluss der Proben

durch Scintillationsphotometrie nachgewiesen werden, ob applizierte Verbindungen aufgenommen und transloziert werden. Zur Beurteilung der Experimente muss sichergestellt werden können, dass die nach einer Applikation beobachteten Effekte durch den applizierten Wirkstoff hervorgerufen werden, bzw. dass Effekte ausbleiben, weil z.B. die Stoffaufnahme oder Translokation zum Zielort nicht erfolgen.

Ein zusätzliches Problem könnte sich bei der Messung der Aufnahme möglicher Wirkstoffe dadurch ergeben, dass auf den Embryonenoberflächen siedelnde Mikroorganismen, wenn sie nicht abspülbar sind, eine Aufnahme in die Kotyledonen durch Bindung der applizierten Wirkstoffe vortäuschen können (SCHREIBER und SCHÖNHERR 1993).

Das Entfernen solcher Mikroorganismen mit Methoden, welche die Oberflächeneigenschaften der Eicheln verändern, verbietet sich, da die anschließend ermittelten Aufnahmeergebnisse u.U. nicht die tatsächliche Aufnahme durch nichtmanipulierte Oberflächen repräsentieren.

KEHR und SCHRÖDER (1997) sowie SCHRÖDER (1999) konnten zeigen, dass sowohl das Perikarp als auch die Kotyledonen insbesondere von einer Vielzahl von Pilzen besiedelt werden, während Bakterien scheinbar eine eher untergeordnete Rolle im Spektrum der besiedelnden Mikroorganismen auf Eicheln spielen.

Die Stoffaufnahme durch morphologische Strukturen wie Stomata, Trichome, Papillen, etc, kann ausgeschlossen werden, da mikroskopisch untersuchte Kotyledonenoberflächen keine derartigen Strukturen aufwiesen.

#### **4.7.1.2. Nutzung von in vitro Kultur-Techniken**

Mit den Vergleichen der Einzelbaumabsaaten und den Vergleichen der Eicheln einzelner Mutterbäume konnte gezeigt werden, dass zwischen den Absaaten einzelner Mutterbäume und innerhalb einer Mutterbaumabsaat Unterschiede hinsichtlich der Trocknungs- und Frosttoleranz bestehen und dass in Einzelfällen Genotypen auftreten, die insbesondere hinsichtlich ihrer hohen Trocknungstoleranz deutlich vom Mittel abweichen.

Interessant wäre es, solche Genotypen nach gezieltem Trocknungs- aber auch Froststress zu selektieren und zu untersuchen, welche Eigenschaften diese Genotypen trockenungs- und frosttoleranter machen als das Mittel der Nachkommenschaft innerhalb

einer Absaat. Aus der Literatur sind derartige Selektionsversuche in Hinblick auf die Trocknungs- aber auch die Frosttoleranz von Eicheln nicht bekannt, aber es sind Mechanismen untersucht worden, von denen ein Zusammenhang mit der Rekalzitranz der Eicheln vermutet wird (Kap. 4.2.2, S. 149; Kap. 4.2.3, S. 152; Kap. 4.2.4, S. 154). Da außerdem Wege zur erfolgreichen in-vitro-Kultur von generativem und vegetativem Pflanzenmaterial für unterschiedliche Arten der Gattung *Quercus* bekannt sind (z.B. CHALUPA 1993; MEIER-DINKEL et al. 1993; GEBHARDT et al. 1993; CHMIELARZ 1997b, CHMIELARZ 1999), ist es vorstellbar, unter exakt definierbaren Bedingungen in vitro Genotypen nach ihren Stoffwechselmerkmalen zu selektieren und deren Stoffwechsel gezielt zu manipulieren. In vitro wurden zwar bereits Manipulationen am Stoffwechsel explantierter Embryoachsen vorgenommen, um Erkenntnisse über die Mechanistik der Rekalzitranz zu sammeln (z.B. FINCH-SAVAGE und CLAY 1994; FINCH-SAVAGE et al. 1996 ), jedoch ohne eine vorhergehende Selektion z.B. einer Einzelbaumabsaat nach ihren Eigenschaften in Hinblick auf Trocknungs- und Frosttoleranz.

Ein Weg könnte darin bestehen, frisches Saatgut so in vitro zu etablieren, dass aus der Embryoachse Embryoide erzielt werden und Explantate aus den Kotyledonen zur Zellteilung ohne Aufgabe der Differenzierungsrichtung angeregt werden können. Während zur Embryoidbildung aus Embryoachsen bereits Methoden bekannt sind (CHALUPA 1993; CHMIELARZ 1999) liegt zur in vitro Kultur von Kotyledonengewebe keine Literatur vor. Ein Schritt einfacher wäre der Weg nur Embryoachsen zu kultivieren.

Der einfachste Weg wäre vermutlich durch Frost- und Trocknungsbehandlungen gestresste Eicheln möglichst unter sterilen Bedingungen zum Keimen zu bringen und anschließend von den gekeimten Eicheln Sprossexplantate in die in-vitro-Kultur zu überführen. Dies wird umso einfacher, je steriler die Bedingungen sind, unter denen der Keimtest durchgeführt werden kann. Nachteilig wäre bei diesem Weg, dass keine Kulturen der stressintoleranten Genotypen für weitere umfangreichere Vergleiche bestünden, sondern bestenfalls das Gewebe der Eicheln, welches nach Abschluss der Vitalitätsprüfung übrigbleibt. Das in vitro kultivierte Material wird zur Erzeugung von Embryoiden verwendet, welche im Rahmen fortlaufender Subkulturen ständig vermehrt und so für weitere Experimente verfügbar wären.

Mit der erstgenannten Methode könnte, wenn sowohl von den Embryoachsen als auch den Kotyledonen in vitro ausreichend Material erzeugt wurde, durch gezielten

Trocknungs- und Froststress an Subkulturen tolerante und intolerante Typen selektiert werden.

Mit den gestressten und den nicht gestressten Subkulturen könnten Vergleiche angestellt werden, die z.B. weiteren Aufschluss darüber geben könnten, ob und warum sich Embryoachsen als trockenungstoleranter erweisen als Kotyledonengewebe (GRANGE und FINCH-SAVAGE 1992), die zeigen könnten, worin sich trockenungs- bzw. frosttolerante von sensiblen Genotypen z.B. hinsichtlich ihrer genetischen Struktur unterscheiden, es könnten die Gehalte stressrelevanter Inhaltsstoffe, z.B. Radikalfänger, Hormone, Prolin und andere Aminosäuren, Proteine (LEA-Proteine), Saccharose, Raffiose, etc. verglichen werden und wären durch Zugabe ins Kulturmedium einfacher zu manipulieren als an Eicheln *in vivo*. Die Effekte von *in vivo* Behandlungen wären prognostizierbarer, vorausgesetzt die Stoffaufnahme und Translokation sind nicht die limitierenden Faktoren.

Embryoide, die sich in solchen *in vitro* Tests als besonders tolerant gegenüber Trocknung erwiesen, könnten in weiteren Versuchen zur Kryolagerung verwendet werden. CHMIELARZ (1997 b; 1999) gelang es zwar nicht mit Embryoachsen, aber mit einigen wenigen der daraus *in vitro* gewonnen Embryoide, diese im Anschluss an das Einfrieren in flüssigem Stickstoff zu weiterem Wachstum und zur weiteren Embryoidbildung anzuregen. Er verweist darauf, dass weitere Untersuchungen zu Entwicklung verbesserter Vorbehandlungen vor dem Einfrieren in flüssigem Stickstoff notwendig sind. Ein Weg könnte über die Auswahl besonders trockenungstoleranter Genotypen erfolgen, zumindest um das System in Hinblick auf die Anwendung zur Lagerung von Eichelexplantaten besser kennen zu lernen.

Ein weiterer Aspekt könnte darin bestehen, *in vitro* selektierte Genotypen, die sich z.B. durch eine vergleichsweise hohe Trocknungstoleranz der gewonnen Embryoiden und der Kotyledonengewebe auszeichnen, *in vivo* weiter zu kultivieren und die Vererbbarkeit der selektierten Merkmale zu überprüfen und gegebenenfalls züchterisch weiter zu nutzen. Nach derartigem Muster konnten z.B. aus Zellkulturen prolinüberproduzierende, im Vergleich besonders frosttolerante *Triticum aestivum*-Genotypen selektiert werden (TANTAU und DÖRFFLING 1991, DÖRFFLING et al. 1993), und es zeigte sich, dass nach Regeneration zur Pflanze die *in vitro* selektierte Eigenschaft an die Nachkommen weiter gegeben wurde (DÖRFFLING et al. 1997). Im Vergleich zu Eichen gelangen Modell-

pflanzen wie z.B. Getreidearten jedoch in vergleichsweise sehr kurzer Zeit nach der Aussaat zur Blühreife, so dass der experimentelle Erfolg bereits nach kurzer Zeit bewertet werden kann. Aufgrund der nach LYR et al. (1992) bei Bäumen im Freiland erst im Alter von ca. 40 Jahren einsetzenden Blühreife und der entsprechend spät auftretenden ersten Eichelmast, würden sich derartige Versuchsfragen bei Eichen jedoch als sehr langfristig zu klären erweisen.

In der Langfristigkeit und der damit verbundenen Kosten liegt hier vermutlich neben Bedenken zur Einengung der genetischen Variabilität durch Selektion das größte Handikap derartiger Versuche.

Die oben skizzierte Nutzung von in vitro Techniken ist letztlich keine neue Methode sondern inzwischen eine Basistechnik bei der klonalen Vermehrung, Züchtung, Erforschung und Manipulation des Stoffwechsels sowie Entschlüsselung und Manipulation des Genoms der Pflanzen (PIERIK 1987; HEB 1992) und sollte deshalb viel stärker genutzt werden, um die Problematik der Stresssensibilität von Eicheln zu bearbeiten.

In anderen Bereichen des Themenkomplex Vermehrung und Generhaltung bei Eichen liegen bereits umfangreichere Erfahrungen zur Nutzung von in vitro Techniken vor (KREMER et al. 1993).

#### **4.7.2. Konsequenz für die Eichellagerung in Baumschulen**

Für die konventionelle Eichellagerung lässt sich aus den Versuchsergebnissen und Literaturhinweisen ableiten, dass zur Zeit offenbar die von SCHRÖDER (1999) aufgeführte Verfahrensweise Abschwemmen und nach Abtrocknung Lagerung bei  $-1^{\circ}\text{C}$  bis  $-3^{\circ}\text{C}$ , im Zuge einer fortschreitenden Frosthärte (Dehydratation !) möglicherweise bis ca.  $-6^{\circ}\text{C}$ , trotz ihrer uralten Wurzeln die zur Zeit aktuellste und empfehlenswerteste Vorgehensweise darstellt. Zu empfehlen ist die Verwendung von Lagerbehältern, welche die Eicheln vor stark austrocknender Luftumwälzung schützen und durch Dränung insbesondere zu Beginn der Lagerung bei der Atmung anfallendes Wasser abführen.

Im Tag / Nacht Wechsel schwingende Temperaturen sind für die Ausbildung einer ausreichenden Frosthärte gegen Temperaturen zwischen  $-3^{\circ}\text{C}$  und  $-6^{\circ}$  nicht notwendigerweise erforderlich. Durch schrittweises Absenken im Tagesverlauf konstanter Temperaturen unter Berücksichtigung des Embryonenwassergehaltes kann eine ausreichende Frosthärte im Saatgut hervorgerufen werden, wobei die zunehmend dehydratisierende

Wirkung sinkender Frosttemperaturen ebenso als vitalitätsmindernde Einflussgröße berücksichtigt werden muss wie die Eisbildung bei zu hohem Wassergehalt in den Eichelembryonen.

Um eine Sicherheit über die Frostbeständigkeit der eingelagerten Eicheln und damit die einstellbare Lagertemperatur zu erhalten, ist es sinnvoll, den Vorschlägen von JUNGE et al. (1999) zu folgen und die DTA-Methode als Schnelltestverfahren zur Praxisreife weiterzuentwickeln. Möglicherweise ergibt sich hieraus auch die Möglichkeit, von der Exothermenreaktionstemperatur auf den Wassergehalt der Eicheln zu schließen.

In Abb. 48, S. 191 sind schematisch stark vereinfacht die zu erwartenden Entwicklungsrichtungen von gelagertem Saatgut vor dem Hintergrund der im Lager herrschenden Klimaverhältnisse skizziert.

Obwohl mit der vorliegenden Arbeit keine eigenen Erfahrungen hinsichtlich der Effekte der Thermotheapie auf den Vitalitätserhalt gelagerter Eicheln weitergegeben werden können, ist mit Blick auf die Erfahrungsberichte von GILLE (1997) und SCHRÖDER (1999) die Anwendung der Thermotheapie offenbar nur in Fällen einer akuten Gefährdung durch den Schwarzfäulepilz *Ciboria batschiana* anzuraten. Die Thermotheapie beschleunigt möglicherweise den Stoffwechsel und führt durch Förderung der Atmungsaktivität, zumindest zu Beginn der Lagerung, zu den von SCHRÖDER et al. (1999) beobachteten erhöhten Wassergehalten in den Eicheln. Dadurch wird zum einen deren Frosthärte vermindert und zum anderen kann durch vermehrtes Freisetzen freier Radikale in Folge einer erhöhten Atmungsintensität ein beschleunigtes Auftreten von Alterungserscheinungen provoziert werden. SCHRÖDER et al. (1999) beobachteten an Stiel- und Traubeneicheln mit Thermotheapie niedrigere Keimergebnisse nach einem  $-8^{\circ}\text{C}$  Frosthärtetest als bei den Kontrollen ohne Thermotheapie.

Da mit der vorliegenden Arbeit gezeigt werden konnte, dass insbesondere hinsichtlich der Trocknungsneigung zwischen den Eicheln unterschiedlicher Gewichtsklassen, zwischen den Eicheln unterschiedlicher Mutterbäume und zwischen den Eicheln eines Mutterbaumes deutliche Unterschiede in der Reaktion auf das Konditionierungsklima auftreten können, sollte über die Möglichkeit der Saatgutsortierung bzw. der Auswahl von Mutterbaumabsaaten mit besonderer Lagereignung in der Lagerpraxis zumindest nachgedacht werden.

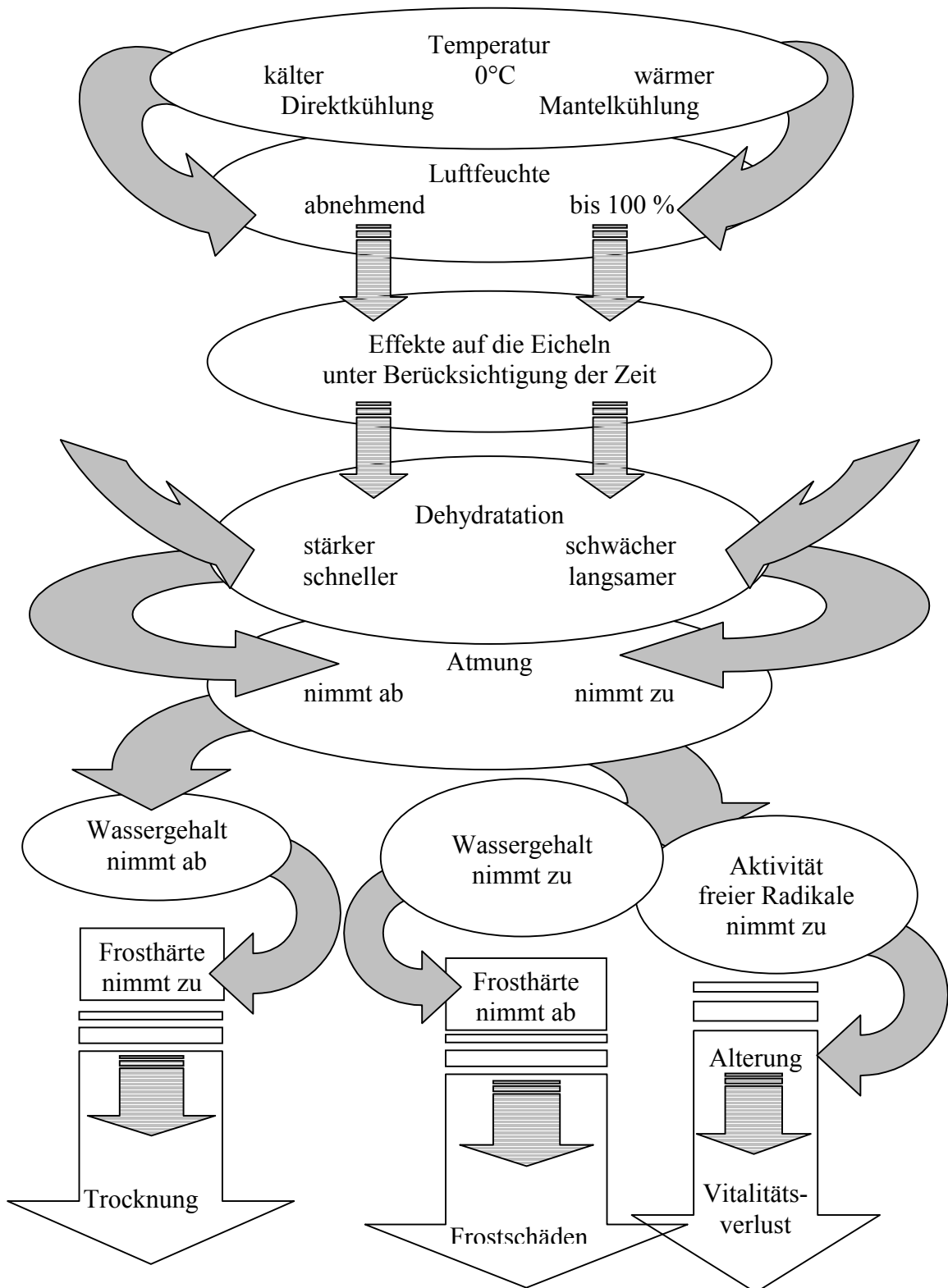


Abb. 48: Schematischer Ablauf der zu erwartenden Entwicklungsrichtungen bei der Lagerung von Eichensaatgut, vor dem Hintergrund des herrschenden Klimas während der Lagerung. Zurück zu S. 142, 157, 160, 190, 194

Auch nach Beobachtungen von SCHRÖDER et al. (1999) an schrittweise bis  $-8^{\circ}\text{C}$  gekühlten Eicheln von *Quercus robur* und *Quercus petraea* zeigten die größeren Eicheln beider Arten im Verlauf der Lagerung einen stärkeren Vitalitätserhalt als die kleinen Eicheln der Vergleichsstichproben. Ob der stärkere Vitalitätsverlust der kleinen Eicheln dabei letztlich auf ein Erfrieren durch Eisbildung in den Zellen oder Trocknungsschäden in Folge des Dampfpartialdruckgefälles zwischen den in gelochten Kunststoffbeuteln verpackten Eicheln und der Lageratmosphäre verursacht wurde, kann aus den Angaben der Autoren nicht geschlossen werden.

Da sich nach den hier vorliegenden Ergebnissen schwerere Eicheln durch eine geringere Neigung zur Trocknung auszeichnen, erscheint es sinnvoll, für eine längere Einlagerung bei niedrigeren Temperaturen um  $-6^{\circ}\text{C}$  nur die schwereren Eicheln einer Ernte zu verwenden, während die leichteren Eicheln zur sofortigen Aussaat geschützt im Gewächshaus / Folientunnel oder ungeschützt im Feld oder für eine Überwinterung bei  $0^{\circ}\text{C}$  bis  $+1^{\circ}\text{C}$  und 100% Luftfeuchte in Betracht kommen.

Während bei ersteren auf die Anwendung der Thermotherapie verzichtet werden könnte, sollte sie bei letzteren aufgrund der höheren Temperatur und Luftfeuchte im Lager und der in Folge dessen günstigeren Bedingungen für die Entwicklung und Ausbreitung pathogener Pilze (z.B. *Ciboria batschiana*) erfolgen.

Die Sortierung könnte mit nach Gewicht sortierenden Maschinen erfolgen, wie sie auch in der Kernobstproduktion eingesetzt werden.

Durch Beobachtung über mehrere Ernte- und daran anschließende Lagerperioden könnte man Auskunft darüber erhalten, ob zwischen den beernteten Mutterbäumen eines Bestandes immerwiederkehrende Unterschiede in der Lagereignung der Nachkommenschaften auftreten. Diese Kenntnis könnte in der gezielten Weiterverwendung der jeweiligen Saatgutnachkommenschaften hinsichtlich Lagerung und Aussattermin des Saatgutes der individuellen Mutterbäume Anwendung finden.

In entsprechender Weise könnte bei unterschiedlichen Herkünften verfahren werden.

Das Risiko des Saatgutverlustes und damit der Verlust möglicher wertvoller Eigenschaften der Nachkommenschaft (genetische Entmischung) wird durch die Sortierung nach Lagereignung, auch unter dem Aspekt des Befalls mit Krankheitserregern, vermutlich eher verringert und nicht wie von SCHNECK (1999) und SUSZKA (1999) befürchtet



vergrößert, wenn zur Lagerung ungeeignetes Saatgut ausselektiert und z.B. direkt nach dem Fruchtfall zur Aussaat möglichst unter geschützten Bedingungen verwendet wird.

SPETHMANN (1997) weist ebenfalls darauf hin, dass ein Absieben kleiner Eicheln die Qualität des lagernden Saatgutes erhöhen könnte und die benötigte Lagerkapazität verringert.

KIM (1999) konnte zeigen, dass während der Lagerung von Eichensaatgut eine Selektion erfolgt, welche die genetische Variation einengt und demzufolge zu einem substantiellen Verlust an genetischer Variation zwischen Saatguternte und einjährigen Sämlingen führt.

Danach findet ohne eine Sortierung nach Lagereignung in jedem Fall eine genetische Entmischung statt durch "Alterung" (Radikalaktivität), Erfrieren oder Vertrocknen, Pathogenbefall oder möglicherweise auch durch Ersticken in Folge einer ungünstigen Zusammensetzung des Gasgemisches im Lagerraum oder Behälter.

Weitere "ad hoc" in der Praxis umsetzbare Maßnahmen zur Qualitätssicherung im bislang möglichen Lagerzeitraum beziehen sich vor allem auf die Phase von der Saatguternte bis zur Lagerung. Von SPETHMANN (1997) wurden wertvolle Hinweise zur Handhabung des Saatgutes von der Ernte bis zur Lagerung gegeben, deren Kernziel immer in einer Minimierung der Risiken für das Ausbrechen von Infektionskrankheiten (*Ciboria bakschiana*) und dem Vermeiden physiologischer Stresssituationen (Überhitzen, Frostschädigung, Trocknungsschädigung) besteht.

Aufgrund des Verbots der chemischen Saatgutbeizung (BERENDES und PREUBENDORFF 1999) sowie der Hinweise auf unerwünschte Nebenwirkungen der Thermo-therapie (GILLE 1997; SCHRÖDER et al. 1999) ist es von besonderer Bedeutung, von Beginn der Ernte bis in die Lagerung einen hohen phytosanitären Standard sicher zu stellen, ohne auf diese Methoden angewiesen sein zu müssen, z.B. durch Beerntung ohne Bodenkontakt in aufgespannten Netzen, durch Verwendung desinfizierter Sammel- und Lagerbehälter, Lagerung in kleinen Einheiten, sofortige Kühlung nach der Sammlung schon beim Transport, Desinfektion der Aufbereitungs- und Lagerräume sowie des Wassers der Thermo-therapieeinrichtung (wenn eine solche Behandlung angebracht erscheint) z.B. durch UV-Bestrahlung.

Es ist vorstellbar, dass vor der Eichelernte während der Eichelentwicklung die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Sinne des im Obstbau praktizierten integrierten

Pflanzenschutzes, selektiv an besonders wertvollen aber durch Krankheits- und Schädlingsbefall bedrohten Einzelbäumen oder kleinen Beständen die Ernteaussbeute deutlich erhöhen und die Saatgutqualität fördern könnte. SCHRÖDER (1999) stellt fest, dass zwischen Blüte und Ernteaufkommen häufig eine Diskrepanz besteht und nennt hierfür als Ursache, dass der Verlust der Blüte häufig auf Insektenfraß (Spanner, Wickler, Schwammspinner) zurückzuführen ist, während im Beobachtungszeitraum lediglich 1991 Frost die Ursache für einen annähernden Totalausfall der Blüte war. Von Vertretern des Instituts für Pflanzenschutz im Forst der BBA-Braunschweig wird diese Sichtweise unterstützt (WULF 1999).

Letztlich können die angesprochenen Vor- und Nacherntemaßnahmen jedoch nur innerhalb der physiologisch diktierten Grenzen der Lebensdauer dazu beitragen, die Vitalität der metabolisch aktiven Eicheln im Lager aufrecht zu erhalten.

Um vor, während und nach der Lagerung die Vitalität des Saatgutes zu prüfen, bietet sich für die Praxis neben dem Schnitttest der Keimtest als einfaches, im Grunde auf der Fensterbank durchführbares Indikationsverfahren an. In den beschriebenen Versuchen hat sich allerdings gezeigt, dass Keimtests, insbesondere bei gelagertem Saatgut nicht ohne Tücken sind. Im Versuchsjahr 1996 / 1997 war unter für den Keimprozess optimalen Bedingungen (ausreichend Feuchtigkeit durch Fog, bei ausreichender Drainage durch Tongranulat, Temperaturen um 20°C) an Eicheln mit Perikarp zu beobachten, dass die Sprossachsenkeimung nachließ, während die Wurzelkeimung offenbar ungehindert erfolgte (Abb. 49, S. 195, entsprechendes Experiment 1997 / 1998). Vom Perikarp befreites Saatgut keimte in folgenden Experimenten problemlos, mit und ohne Behandlung mit dem die Sprosstreckung fördernden Gibberellin GA<sub>3</sub> bzw. den daraus nach Applikation entstehenden Metaboliten. KUSCHEL (2000) konnte zeigen, dass Gibberellin, über die Wurzel appliziert, bei Eicheln mit Perikarp in Torf/Sand im Gewächshaus ausgesät, die Anzahl gekeimter Sprosse bei gleichbleibenden Ergebnissen für die Wurzelkeimung erhöhen konnte. Hieraus wird deutlich, dass Keimergebnisse, welche sich ausschließlich auf die Radikulakeimung stützen, aus Sicht der Praxis wertlos sind. Für die Praxis muss zur Beurteilung von Saatgut die Keimung mit Wurzel und Spross erfolgen, während bei entsprechender Fragestellung die Radikulakeimung allein für Forschungsbelange ausreichend sein kann (z.B. PRITCHARD und MANGER 1990; FINCH-SAVAGE und BLAKE 1994; FINCH-SAVAGE und CLAY 1994; FINCH-SAVAGE et al. 1996).

KUSCHEL (2000) konnte zeigen, dass äußere Bedingungen (Standardgewächshaus oder Fog, Aussaat mit oder ohne Perikarp, Hormonbehandlung, etc.) das Keimergebnis wesentlich beeinflussen können und dass allein das Entfernen des Perikarps die Ausbeute gekeimter Sprossachsen außerordentlich effektiv erhöht, so dass durch Projekte, die sich mit der offenbar primär mechanischen Keimhemmung bei Eicheln auseinander setzen, zur Verbesserung der nutzbaren Saatgutausbeute beigetragen werden könnte.

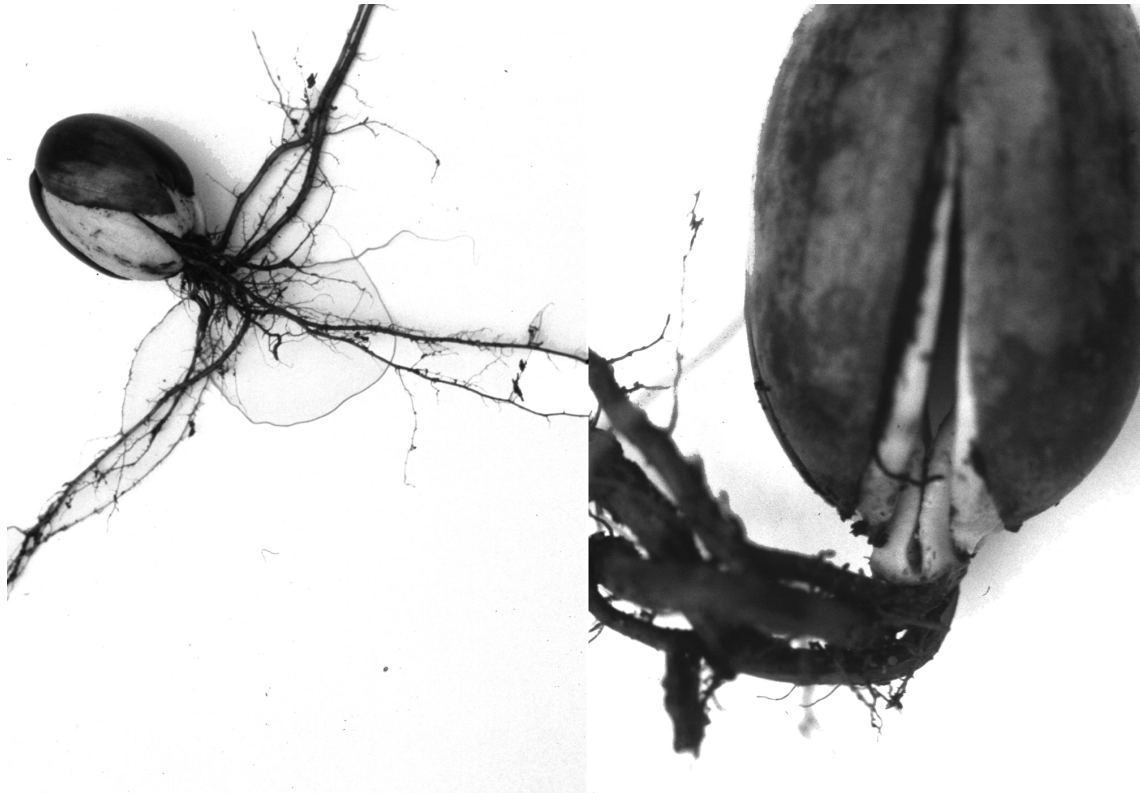


Abb. 49: Wurzelkeimung und -entwicklung ohne Sprossachsenkeimung bei Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' mit Pericarp unter Fog, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 194

#### 4.7.3. Alternativen zur Saatgutlagerung

Da die Probleme der Langzeitlagerung von Eichensaatgut vermutlich in absehbarer Zeit nicht zu lösen sein werden, besteht die zwangsläufige Notwendigkeit, Alternativen zu ergreifen, um jetzt für die forstwirtschaftlichen Zielsetzungen ausreichend Pflanzmaterial verfügbar zu haben, auch wenn dieses durch die Pflanzenvermehrung aus frischem und aus nach den zur Zeit möglichen Lagermethoden bereitstellbaren Saatgutmengen nicht gewährleistet werden kann.

Von SPETHMANN (1990) wurde bereits darauf hingewiesen, dass das Konzept der "bulk propagation" in Fällen von Saatgutmangel und begrenzter Lagerfähigkeit des gewonnenen Saatgutes dazu genutzt werden kann, um aus dem vorhandenen Saatgut erhaltene Nachkommenschaften durch Stecklingsvermehrung zu vervielfachen.

GUTHKE (1992), zog aus seinen Versuchen zur Eichellagerung ebenfalls den Schluss, dass die problematische Situation der Pflanzgutversorgung und Generhaltung vorerst nicht nachhaltig allein durch die Langzeitlagerung von Eichensaatgut verbessert werden kann. Als Alternative zur Lagerung wies er darauf hin, dass aus einer Tonne Saatgut (175.000 Sämlinge) bei einer jährlichen Beerntung von einem Steckling per Sämling in vier Jahren bei einer Sämlings und drei Stecklingsgenerationen mit mindestens 700.000 Pflanzen die Ausgangspopulation der Sämlinge vervierfacht werden könnte, mit einer etablierten Methode ohne bedeutenden Forschungsaufwand und ohne größere Investitionen in spezielle Lagereinrichtungen für Saatgut.

GUTHKE (1992) weist jedoch auch darauf hin, dass das Gesetz über forstliches Saat- und Pflanzgut von 1979 hier eine paradoxe Situation entstehen lässt, da hiernach Stecklinge, obwohl von zugelassenem Saatgut (2 – 3 jährige Sämlinge) abstammend und ihren Eltern genetisch identisch, nicht als Pflanzgut für forstliche Zwecke zugelassen ist. Hier schreibt das Gesetz vor, dass vegetatives Vermehrungsgut nur als "Geprüftes Vermehrungsgut" vertrieben werden darf und dass die Ausgangsbestände hierfür ein Mindestalter von 70 Jahren erreicht haben müssen.

Abgesehen von der zunehmend schwieriger werdenden Bewurzelung der Stecklinge mit zunehmendem Alter der Mutterpflanzen (SPETHMANN 1990), ist diese Gesetzeslage im Bezug auf Stecklingsnachkommen von sehr gut zu bewurzelnden 2 – 5 jährigen Sämlingen aus zugelassenem Saatgut rational nicht nachzuvollziehen. Mit Blick auf den hohen Bedarf an Pflanzgut zur Umsetzung der forstwirtschaftlichen Zielsetzungen (Kap. 1, S. 33) wäre es wünschenswert, dass der Gesetzgeber durch eine Novellierung des Gesetzes über forstliches Saat- und Pflanzgut eine Basis schafft, welche es ermöglicht die durch Fehlmasten und die eingeschränkte Lagerfähigkeit von Eichensaatgut entstehenden Engpässe in der Jungpflanzenversorgung zu entschärfen.

Diesbezüglich werden auf europäischer Ebene zur Zeit Gesetzesänderungen über den Verkehr mit forstlichem Vermehrungsgut diskutiert und z.T. umgesetzt (RAT DER EUROPÄISCHEN UNION 1999), so dass auch mit einer entsprechenden gesetzlichen Grundlage im nationalen Recht in absehbarer Zeit gerechnet werden kann.

## 5. Literatur

- BAKER, E. A. and HUNT, G. M. 1988: Factors affecting foliar penetration and translocation of pesticides. In: CROSS, B. and SCHER, H. B. (Ed.) 1988: Pesticide formulations – innovations and developments; American Chemical Society, ACS Symposium Series 371
- BAUR, P. and SCHÖNHERR, J. 1995: Temperature dependence of the diffusion of organic compounds across plant cuticles. *Chemosphere*, **30**, 1331 – 1340
- BAUR, P. und SCHÖNHERR, J. 1996: Die Aufnahme systemischer Wirkstoffe über Blätter: Grundlagen und Optimierung. *Gartenbauwissenschaft*, **61** (3), 105 – 115
- BEF 1993: Erhebung zur Versorgungssituation forstliches Vermehrungsgut im Bundesgebiet. Bundesamt für Ernährung und Forstwirtschaft
- BEHRENS, V. 1984: Kühllagerung von unbewurzelten Koniferenstecklingen  
Dissertation, Universität Hannover
- BERENDES K.-H. und PREUBENDORFF, G. 1999: Zur Problematik des Einsatzes von Fungiziden an Forstsaatgut nach Inkrafttreten des novellierten Pflanzenschutzgesetzes. In: WULF, A. und SCHRÖDER, T. (Bearb.) 1999: Fortschritte bei der Lagerungstechnologie von Eichensaatgut; Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 365, 149 - 152
- BERJAK, P.; DINI, M. and PAMMENTER, N. W. 1984: Possible mechanisms underlying the differing dehydration response in recalcitrant and orthodox seeds: Desiccation-associated subcellular changes in propagules of *Avicennia marina*. *Seed Science and Technology*, **12**, 365 – 384
- BERJAK, P.; FARRANT, J. M.; MYCOCK, D. J. and PAMMENTER, N. W. 1990: Recalcitrant (homoiohydrous) seeds: The enigma of their desiccation-sensitivity. *Seed Science and Technology*, **18**, 297 – 310
- BGBL 1979: Zweites Gesetz zur Änderung des Gesetzes über forstliches Saat- und Pflanzgut. Bundesgesetzblatt Teil I Z 5702 AX
- BLACKMAN, S. A.; WETTLAUER, S.H.; OBENDORF, R. L. and LEOPOLD, A. C. 1991: Maturation proteins associated with desiccation tolerance in soybean. *Plant Physiology*, **96**, 868 – 874
- BLE 1997: Erhebung zur Versorgungssituation forstliches Vermehrungsgut im Bundesgebiet. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

- BML (Hrsg.) 1994: Nationaler Waldbericht der Bundesrepublik Deutschland. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.)
- BML (Hrsg.) 1998: Unser Wald Natur und Wirtschaftsfaktor zugleich Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.)
- BOEHRINGER MANNHEIM GMBH 1984: Methoden der enzymatischen Lebensmittelanalytik mit Einzelreagentien. Boehringer Mannheim GmbH, Biochemica
- BOEHRINGER MANNHEIM GMBH 1995: Methoden der enzymatischen Bioanalytik Lebensmittelanalytik mit Test-Combinationen. Boehringer Mannheim GmbH, Biochemica
- BOHNERT, H. J. and SHEN, B. 1999: Transformation and compatible solutes *Scientia Horticulturae*, **78**, 237 – 260
- BRADFORD, K. J. and CHANDLER, P. M. 1992: Expression of “dehydrinlike” proteins in embryos and seedlings of *Zizania palustris* and *Oryza sativa* during dehydration. *Plant Physiology*, **99**, 488 – 494
- BRESSAN, R. A.; DREW, M. C. and HASEGAWA, P. M. 2000: Streßphysiologie In: TAIZ, L. und ZEIGER, E. (Hrsg.) 2000: Physiologie der Pflanzen. Spektrum Lehrbuch, Spektrum Akademischer Verlag Gustav Fischer
- BROWSE, J. A. und SIEDOW, J. N. 2000: Atmung und Lipidstoffwechsel In: TAIZ, L. und ZEIGER, E. (Hrsg.) 2000: Physiologie der Pflanzen. Spektrum Lehrbuch, Spektrum Akademischer Verlag Gustav Fischer
- BRUNI, F. and LEOPOLD, A. C. 1991: Glassy state in soybean seeds: Relevance to anhydrous biology. *Plant Physiology*, **96**, 660 – 663
- BUCKLAND, S. M.; PRICE, A. H. and HENDRY, G. A. F. 1991: The role of ascorbate in drought-treated *Cochlearia atlantica* Poved. and *Armeria maritima* (Mill.) Willd. *New Phytologist*, **119**, 155 – 160
- BURGER, H. 1921: Über morphologische und biologische Eigenschaften der Stiel- und Traubeneiche und ihre Erziehung im Forstgarten. *Mitteilungen der schweizerischen Zentralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen*, **11**, 306 – 375
- CAFFERTY, M.; FONSECA, V. and LEOPOLD, A. C. 1988: Lipid-sugar interaction: Relevance to anhydrous biology. *Plant Physiology*, **86**, 754 – 758
- CHALUPA, V. 1993. Vegetative propagation of oak (*Quercus robur* and *Quercus petraea*) by cutting and tissue culture. In: KREMER, A.; SAVILL, P.S. and STEINER, K.C. 1993: *Annales des sciences forestières – genetics of oaks*; Proceedings of the first meeting of the IUFRO working party S2.02-22; 50 (Suppl 1), 295 - 307

- CHANDEL, K. P. S.; CHAUDHURY, R.; RADHAMANI, J. and MALIK, S. K. 1995: Desiccation and freezing sensitivity in recalcitrant seeds of tea, cocoa and jackfruit. *Annals of Botany*, **76**, 443 – 450
- CHMIELARZ, P. 1997 a: Frost resistance of *Quercus robur* L. acorns  
In: WULF, A. und SCHRÖDER, T. (Bearb.) 1997: Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut; Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 329, 76 - 81
- CHMIELARZ, P. 1997 b: Resistance of embryo axes of *Quercus robur* L. to  $-196^{\circ}\text{C}$  (liquid nitrogen). In: WULF, A. und SCHRÖDER, T. (Bearb.) 1997: Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut; Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 329, 82 - 86
- CHMIELARZ, P. 1999: Somatic embryogenesis of *Quercus robur* L. and cryopreservation of somatic embryos in liquid nitrogen. In: WULF, A. und SCHRÖDER, T. (Bearb.) 1998: Fortschritte bei der Lagerungstechnologie von Eichensaatgut; Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 365, 49 - 59
- CLAUSSEN, W. 1975: Untersuchungen über den Einfluß der Frucht auf die Netto-Photosyntheseraten und den Saccharose- und Stärkestoffwechsel der Blätter und Wurzeln von Auberginen (*Solanum melogena* L.). Dissertation, Technische Universität Berlin
- CLOSE, T. J. 1996: Dehydrins: Emergence of a biochemical role of a family of plant dehydration proteins. *Physiologia Plantarum*, **97**, 795 – 803
- CLOSE, T. J.; KORTT, A. A. and CHANDLER, P. M. 1989: A cDNA-based comparison of dehydration-induced proteins (dehydrins) in barley and corn. *Plant Molecular Biology*, **13**, 95 – 108
- DASGUPTA, J.; BEWLEY, J. D. and YEUNG, E. C. 1982: Desiccation-tolerant and desiccation-intolerant stages during development and germination of *Phaseolus vulgaris* seeds. *Journal of Experimental Botany*, **33** (136), 1045 – 1057
- DAVIES, P. J. 2000: Abscisinsäure. In: TAIZ, L. und ZEIGER, E. (Hrsg.) 2000: Physiologie der Pflanzen; Spektrum Lehrbuch, Spektrum Akademischer Verlag Gustav Fischer
- DEKKER, R. F. H. and RICHARDS, G. N. 1971: Determination of starch in plant material. *J. Sci. Food. Agric.*, **22**, 441 – 444

- DELATOUR, C. 1978: Recherche d' une méthode de lutte curative contre le *Ciboria batschiana* (Zopf.) Buchwald chez les glands. European Journal of Forest Pathology, **8** (4), 193 – 200
- DELFS-SIEMER, U. und PINNOW, H. 1993: Ergebnisse zur Thermo-therapie von Bucheckern und Eicheln. Internationales Symposium über Forstsaatgut, 8. bis 11. Juni 1993, Munster/Uelzen
- DÖRFFLING, K.; DÖRFFLING, H. and LESSELICH, G. 1993: In vitro-selection and regeneration of hydroxyproline-resistant lines of winter wheat with increased proline content and increased frost tolerance. Journal of Plant Physiology, **142**, 222 – 225
- DÖRFFLING, K.; DÖRFFLING, H.; LESSELICH, G.; LUCK, E.; ZIMMERMANN, C.; MELZ, G. and JÜRGENS, H. U. 1997: Heritable improvement of frost tolerance in winter wheat by in vitro-selection of hydroxyproline-resistant proline overproducing mutants. Euphytica, **93**, 1 – 10
- DURE, L.; CROUCH, M.; HARADA, J. J.; HO, T.H.D.; MUNDY, J.; QUATRANO, R.; TAMAS, T. and SUNG, Z. R. 1989: Common amino acid sequence domains among the Lea proteins of higher plants. Plant Molecular Biology, **12**, 475 – 486
- FALBE, J. und REGITZ, M. (Hrsg.) 1995: Römpf Chemie Lexikon. 9. Auflage, Band 5, Pl – S; Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York
- FARRANT, J. M. and WALTERS, C. 1998: Ultrastructural and biophysical changes in developing embryos of *Aesculus hippocastanum* in relation to the acquisition of tolerance to drying. Physiologia Plantarum, **104**, 513 – 524
- FARRANT, J. M.; BERJAK, P. and PAMMENTER, N. W. 1992: Proteins in development and germination of a desiccation sensitive (recalcitrant seed) species. Plant Growth Regulation, **11**, 257 – 265
- FARRANT, J. M.; PAMMENTER, N. W. and BERJAK, P. 1986: The increasing desiccation sensitivity of recalcitrant *Avicennia marina* seeds with storage time. Physiologia Plantarum, **67**, 291 – 298
- FARRANT, J. M.; PAMMENTER, N. W. and BERJAK, P. 1993: Seed development in relation to desiccation tolerance: A comparison between desiccation-sensitive (recalcitrant) seeds of *Avicennia marina* and desiccation-tolerant types. Seed Science and Technology, **3**, 1 – 13
- FARRANT, J.; PAMMENTER, N. W. and BERJAK, P. 1988: Recalcitrance – a current assessment. Seed Science and Technology, **16**, 155 – 166



- FINCH-SAVAGE, W. E. 1992: Embryo water status and survival in the recalcitrant species *Quercus robur* L.: Evidence for a critical moisture content. *Journal of Experimental Botany*, **43** (250), 663 – 669
- FINCH-SAVAGE, W. E. and CLAY, H. A. 1994 a: Water relations of germination in the recalcitrant seeds of *Quercus robur* L. *Seed Science Research*, **4**, 315 – 322
- FINCH-SAVAGE, W. E. and CLAY, H. A. 1994 b: Evidence that ethylene, light and abscisic acid interact to inhibit germination in the recalcitrant seeds of *Quercus robur* L. *Journal of Experimental Botany*, **45** (278), 1295 – 1299
- FINCH-SAVAGE, W. E. and FARRANT, J. M. 1997: The development of desiccation-sensitive seeds in *Quercus robur* L.: Reserve accumulation and plant growth regulators. *Seed Science Research*, **7**, 35 – 39
- FINCH-SAVAGE, W. E. und BLAKE, P. S. 1994: Indeterminate development in desiccation-sensitive seeds of *Quercus robur* L. *Seed Science Research*, **4**, 127 – 133
- FINCH-SAVAGE, W. E.; BLAKE, P. S. and CLAY, H. A. 1996: Desiccation stress in recalcitrant *Quercus robur* L. seeds results in lipid peroxidation and increased synthesis of jasmonates and abscisic acid. *Journal of Experimental Botany*, **47** (298), 661 – 667
- FINCH-SAVAGE, W. E.; CLAY, H. A.; BLAKE, P. S. and BROWNING, G. 1992: Seed development in the recalcitrant species *Quercus robur* L.: Water status and endogenous abscisic acid levels. *Journal of Experimental Botany*, **43** (250), 671 – 679
- FINCH-SAVAGE, W. E.; PRAMANIK, S. K. and BEWLEY, J. D. 1994: The expression of dehydrin proteins in desiccation-sensitive (recalcitrant) seeds of temperate trees. *Planta*, **193**, 478 – 485
- FUJIMAKI, M.; NAMIKI, M. and KATO, H. (Eds) 1986: Amino-Carbonyl reactions in Food and biological systems. Elsevier, New York
- GALAU, G. A.; JAKOBSEN, K. S. and HUGHES, D. W. 1991: The controls of late dicot embryogenesis and early germination. *Physiologia Plantarum*, **81**, 280 – 288
- GEBHARDT, K.; FRÜHWACHT-WILMS, U. and WEISGERBER, H. 1993: Micropropagation and restricted-growth storage of adult oak genotypes. In: KREMER, A.; SAVILL, P.S. and STEINER, K.C. 1993: *Annales des sciences forestières – genetics of oaks*. Proceedings of the first meeting of the IUFRO working party S2.02-22; 50 (Suppl 1), 323 - 329

- GEYER, U. and SCHÖNHERR, J. 1988: In vitro test for effects of surfactants and formulations on permeability of plant cuticles. In: CROSS, B. and SCHER, H. B. (Ed.) 1988: Pesticide formulations – innovations and developments; American Chemical Society, ACS Symposium Series 371
- GEYER, U. and SCHÖNHERR, J. 1990: The effect of environment on water permeability and composition of Citrus leaf cuticles: Water permeability of isolated cuticles. *Planta*, **180**, 147 – 155
- GILLE, K. 1997: Erfahrungen mit der Thermotheapie an Stiel- und Traubeneicheln in der Forstsamtgut-Beratungsstelle Oerrel. In: WULF, A. und SCHRÖDER, T. (Bearb.) 1997: Behandlung und Lagerung von Eichensamtgut; Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 329, 67 - 73
- GOSLING, P. C. 1989: The effect of drying *Quercus robur* acorns to different moisture contents, followed by storage, either with or without imbibition. *Forestry*, **62**, 41 – 50
- GRANGE, R. I. and FINCH-SAVAGE, W. E. 1992: Embryo water status and development of the recalcitrant species *Quercus robur* L.: Determination of water relations parameters by pressure-volume analysis. *Journal of Experimental Botany*, **43** (250), 657 – 662
- GRUNDNER, F. 1901: Ein vergleichender Versuch über die Überwinterung von Saateicheln. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, **72**, 369 – 373
- GUSTA, L. V.; WILEN, R.W. and FU, P. 1996: Low-temperature stress tolerance: The role of abscisic acid, sugars and heat-stable proteins. *Hort Science*, **31** (1), 39 – 46
- GUTHKE, J. 1992: Langzeitlagerung von Eichensamtgut – Probleme und Möglichkeiten. Dissertation, Universität Hannover
- GUTHKE, J. 1993: Abhärtung von Eichensamtgut. *Allgemeine Forstzeitschrift*, **18** (45), 932 – 933
- HENDRY, G. F.; FINCH-SAVAGE, W. E.; THORPE, P. C.; ATHERTON, N. M.; BUCKLAND, S. M.; NILSSON, K. A. and SEEL, W. E. 1992: Free radical processes and loss of seed viability during desiccation in the recalcitrant species *Quercus robur* L. *New Phytologist*, **122**, 273 – 279
- HEß, D. 1988: Pflanzenphysiologie. 8. Auflage, UTB für Wissenschaft, Verlag Eugen Ulmer

- HEB, D. 1992: Biotechnologie der Pflanzen. UTB für Wissenschaft, Verlag Eugen Ulmer
- HUGHES, M. A. and DUNN, M. A. 1996: The molecular biology of plant acclimation to low temperature. *Journal of Experimental Botany*, **47** (296), 291 – 305
- JUNGE, R. 2000: Persönliche Mitteilung. Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, Sieker Landstraße 2, 22927 Großhansdorf
- JUNGE, R.; MUHS, H.-J. und WÜHLISCH, G. v. 1999: Prüfung der Frosthärte von Eicheln mittels der Differenz-Temperatur-Analyse (DTA). In: WULF, A. und SCHRÖDER, T. (Bearb.) 1999: Fortschritte bei der Lagerungstechnologie von Eichensaatgut; Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 365, 105 - 116
- KEHR, R. und SCHRÖDER, T. 1997: Mykologische Aspekte der Lagerung von Eichensaatgut. In: WULF, A. und SCHRÖDER, T. (Bearb.) 1997: Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut; Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 329, 26 - 32
- KERMODE, A. R. 1990: Regulatory mechanisms involved in the transition from seed development to germination. *Critical Reviews in Plant Science*, **9**, 155 – 195
- KIM, T.-S. 1999: Einfluß von Vermehrungsmethoden auf die genetische Struktur sowie phänotypische und phänologische Eigenschaften von drei Populationen der Traubeneiche (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.). Dissertation, Universität Hannover
- KIRKWOOD, R. C. 1987: Uptake and movement of herbicides from plant surfaces and the effects of formulation and environment upon them. In: COTTRELL, H. J. (Ed.) 1987: Critical reports on applied chemistry, Volume 18 - Pesticides on plant surfaces; John Wiley and Sons
- KÖHLER, W.; SCHACHTEL, G. und VOLESKE, P. 1996: Biostatistik. 2. Auflage, Springer Verlag
- KOSTER, K. 1991: Glass formation and desiccation tolerance in seeds. *Plant Physiology*, **96**, 302 – 304
- KOSTER, K. L. AND LEOPOLD, A. C. 1988: Sugars and desiccation tolerance in seeds. *Plant Physiology*, **88**, 829 – 832
- KOZŁOWSKI, T. T.; KRAMER, P. J. and PALLARDY, S. G. 1991: The physiological ecology of woody plants. Academic Press, INC.

- KREMER, A.; SAVILL, P.S. and STEINER, K.C. 1993: Annales des sciences forestières – genetics of oaks. Proceedings of the first meeting of the IUFRO working party S2.02-22, 50 (Suppl 1)
- KUNERT, K.J. und EDERER, M. 1985: Leaf aging and lipid peroxidation: The role of the antioxidants vitamin C and E. *Physiologia Plantarum*, **65**; 85 – 88
- KUSCHEL, A. 2000: Keimhemmung gelagerter Eicheln (*Quercus robur* L.). Diplomarbeit, Abteilung Baumschule des Instituts für Zierpflanzenbau, Baumschule und Pflanzenzüchtung, Universität Hannover
- KUZNETSOV, VL. V. and SHEVYAKOVA, N. I. 1999: Proline under stress: Biological role, metabolism and regulation. *Russian Journal of Plant Physiology*, **46** (2), 274 – 287
- LACROIX, P. 1986: Ernte, Behandlung und Lagerung von Laubholz-Saatgut *Allgemeine Forstzeitschrift*, **41**, 987 – 989
- LARCHER, W. 1994: Ökophysiologie der Pflanzen. 5. Auflage, UTB für Wissenschaft, Verlag Eugen Ulmer
- LARSON, R. A. 1995: Plant defenses against oxidative stress. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, **29**, 175 – 186
- LE PAGE-DEGIVRY, M. T. and GARELLO, G. 1991: Onset of water stress tolerance in developing *Helianthus annuus* embryos. *Seed Science Research*, **1**, 221 – 227
- LEPRINCE, O.; BUITINK, J. and HOEKSTRA, F. A. 1999: Axes and cotyledons of recalcitrant seeds of *Castanea sativa* Mill. exhibit contrasting responses of respiration to drying in relation to desiccation sensitivity. *Journal of Experimental Botany*, **50** (338), 1515 – 1524
- LEPRINCE, O.; VERTUCCI, C. W.; HENDRY, G. A. F. and ARTHERTON, N. M. 1995: The expression of desiccation-induced damage in orthodox seeds is a function of oxygen and temperature. *Physiologia Plantarum*, **94**, 233 – 240
- LÖFFLER, J. 1986: Mögliche Pflanzenmengen aus einheimischem Saatgut und tatsächlicher Pflanzenbedarf im Vergleich. *Allgemeine Forstzeitschrift*, **41**, 611 – 615
- LYR, H.; SCHACHLER, G. und MATSCHKE, J. 1992: Alterung und Lebensdauer  
In: LYR, H.; FIEDLER, H.-J. und TRANQUILLINI, W. (Hrsg.) 1992: *Physiologie und Ökologie der Gehölze*; Gustav Fischer Verlag
- MANTEUFFEL, H. E. v. 1874: Die Eiche, deren Anzucht, Pflege und Abnutzung. Ein wohlmeinender Rathgeber für Eichenzüchter und solche die es werden wollen. Arnoldische Buchhandlung

- MEIER-DINKEL, A.; BECKER, B. and DUCKSTEIN, D. 1993: Micropropagation and ex vitro rooting of several clones of late-flushing *Quercus robur* L. In: KREMER, A.; SAVILL, P.S. and STEINER, K.C. 1993: Annales des sciences forestières – genetics of oaks. Proceedings of the first meeting of the IUFRO working party S2.02-22; 50 (Suppl 1), 319 - 322
- MESSER, H. 1951: Die Überwinterung von Eicheln und Bucheln  
Supplemente zur Allgemeinen Forst- und Jagdzeitung
- MUMMÉ-BOSCH, S.; SCHWARZ, K. and ALEGRE, L. 1999: Enhanced formation of  $\alpha$ -tocopherol and highly oxidized abietane diterpenes in water-stressed rosemary plants. *Plant Physiology*, **121**, 1047 – 1052
- NATZKE, E. 1999: Die Lagerung von Eicheln in einer modifizierten Atmosphäre und das Wachstum des Schwarzfäulepilzes *Ciboria batschiana* (= *Sclerotinia pseudo-tuberosa*). In: WULF, A. und SCHRÖDER, T. (Bearb.) 1999: Fortschritte bei der Lagerungstechnologie von Eichensaatgut; Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 365, 61 - 67
- NEMKY, E. 1964: Einfluss des Wassergehaltes der Eichel auf ihre Frostempfindlichkeit und den Beginn der Keimung. *Ungarische Forstwissenschaftliche Umschau*, 135 – 157
- NOCTOR, G. and FOYER, C. H. 1998: Ascorbate and glutathione: Keeping active oxygen under control. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, **49**, 249 – 279
- NURSTEN, H. E. and O'REILLY, R. 1986: The complexity of the maillard reaction as shown by a xylose-glycine model system. In: FUJIMAKI, M.; NAMIKI, M. and KATO, H. (Eds) 1986: Amino-Carbonyl reactions in Food and biological systems; Elsevier, New York, 17 – 28
- OPPERMANN, A. 1913: Overwintering af agern. *Forstl. forgskom. Det. forstl. forsogsv.*, **4**, 127 – 134
- OTTO, H.-J. 1994: Die Auswirkung waldbaulich-ökologischer Zielsetzungen auf den Pflanzenbedarf. *Der Wald*, **44** (9), 294 – 299
- PAMMENTER, N. W.; BERJAK, P.; FARRANT, J. M.; SMITH, M. T. and ROSS, G. 1994: Why do stored hydrated recalcitrant seeds die ? *Seed Science Research*, **4**, 187 – 191
- PEARCE, R. S. 1999: Molecular analysis of acclimation to cold. *Plant Growth Regulation*, **29**, 47 – 76

- PIERIK, R. I. M. 1987: In vitro culture of higher plants. Martinus Nijhoff Publishers
- PONGRACZ, G.; WEISER, H. and MATZINGER, D. 1995: Tocopherole – Antioxidantien der Natur. *Fat Science Technology*, **97** (3), 90 – 104
- POULSEN, K. M. 1992: Seed storage physiology of recalcitrant acorns from the pedunculate oak (*Quercus robur* L.) and orthodox nuts from the European beech (*Fagus sylvatica* L.). Thesis for the Ph.D. in agriculture Department of Agricultural Science, Section of Horticulture, The Royal Veterinary and Agricultural University, Denmark
- PRAVDIN, L. und FILIMONOVA, V. D. 1952: Vliyanie niskich temperatur na ziznesposobnost`zeludey. *Dokl. Akad. nauk SSSR*, 85 (4), 921 – 924
- PRITCHARD, H. W. 1991: Water potential and embryonic axis viability in recalcitrant seeds of *Quercus rubra*. *Annals of Botany*, **67**, 43 – 49
- PRITCHARD, H. W. and MANGER, K. R. 1990: Quantal response of fruit and seed germination rate in *Quercus robur* L. and *Castanea sativa* Mill. to constant temperatures and photon dose. *Journal of Experimental Botany*, **41** (233), 1549 – 1557
- PRITCHARD, H. W.; TOMPSETT, P. B.; MANGER, K. and SMIDT, W. J. 1995: The effect of moisture content on the low temperature response of *Araucaria hunsteinii* seed and embryos. *Annals of Botany*, 76, 79 – 88
- RAT DER EUROPÄISCHEN UNION 1999: Richtlinie 1999/105/EG des Rates vom 22. Dezember 1999 über den Verkehr mit forstlichem Vermehrungsgut; Amtsblatt Nr. L 011 vom 15.01.2000; S. 17 - 40
- RICHTER, G. 1988: Stoffwechselphysiologie der Pflanzen. 5. Auflage, Georg Thieme Verlag
- ROBERTS, E.H. 1973: Predicting the storage life of seeds. *Seed, Science and Technology*, **1**, 499 – 514
- ROHMEDER, E. 1972: Das Saatgut in der Forstwirtschaft. Paul Parey
- RUMED 2000: Persönliche Mitteilung. RUMED® - Rubarth Apparate GmbH, Mergenthalerstraße 8, D-30880 Laatzen
- SALTMARCH, M.; VAGNINI-FERRARI, M. and LABUZA, T. B. 1981: Theoretical basis and application of kinetics to browning in spray-dried why systems. *Progress in Food and Nutrition Science*, **5**, 331 – 344
- SANFTLEBEN, H. 1996: Thermoerapie und Trocknung von Gehölzsaaten. *Deutsche Baumschule*, 4 (48), 232 - 233

- SCHLEGEL, T. K. UND SPETHMANN, W. 1999: Induktion und Persistenz der Frosthärte bei *Quercus robur* und *Quercus petraea*-Saatgut. In: WULF, A. und SCHRÖDER, T. (Bearb.) 1999: Fortschritte bei der Lagerungstechnologie von Eichensaatgut; Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 365, 81 – 103
- SCHNECK, D. 1999: Diskussionsprotokoll des Symposiums „Fortschritte bei der Lagerungstechnologie von Eichensaatgut“ am 28. und 29. April 1998; In: WULF, A. und SCHRÖDER, T. (Bearb.) 1999: Fortschritte bei der Lagerungstechnologie von Eichensaatgut; Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 365, S. 156
- SCHÖNBORN, A. v. 1964: Die Aufbewahrung des Saatgutes der Waldbäume. BLV Verlagsgesellschaft
- SCHÖNHERR, J. and BAUR, P. 1994: Modelling penetration of plant cuticles by crop protection agents and effects of adjuvants on their rates of penetration. Pestic. Sci., **42**, 185 – 208
- SCHREIBER, L. and SCHÖNHERR, J. 1993: Determination of foliar uptake of chemicals: Influence of leaf surface microflora. Plant, Cell and Environment, **16**, 743 – 748
- SCHRÖDER, T. 1999: Über die Eignung verschiedener physikalisch-technischer Verfahren zur phytosanitären Behandlung und zur Lagerung von Forstsamtgut unter besonderer Berücksichtigung der Stiel- und Traubeneiche. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem, Heft 360
- SCHRÖDER, T. 2000: Persönliche Mitteilung. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft; Institut für Pflanzenschutz im Forst; Messeweg 11/12; d-38104 Braunschweig
- SCHRÖDER, T.; KEHR, R. und NATZKE, E. 1999: Frosthärteinduktion bei Eicheln durch kontinuierliche Temperatursenkung. In: WULF, A. und SCHRÖDER, T. (Bearb.) 1999: Fortschritte bei der Lagerungstechnologie von Eichensaatgut; Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 365, 125 - 139
- SPELLERBERG, B. 1983: Verbesserung des Vermehrungserfolges bei schwer vermehrba- ren Laubgehölzen durch Förderung des Sprosszuwachses der bewurzelten Stecklinge. Dissertation, Universität Hannover

- SPETHMANN, W. 1990: Einsatzmöglichkeiten der Stecklingsvermehrung bei der Erhaltung forstlicher Genressourcen. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, Nr. 164
- SPETHMANN, W. 1997: Optimierung der Eichen-Saatgutbehandlung bei Ernte und Lagerung. In: WULF, A. und SCHRÖDER, T. (Bearb.) 1997: Behandlung und Lagerung von Eichensaatgut; Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 329, 87 – 96
- STUART, H. A. und KLAGES, G. 1988: Kurzes Lehrbuch der Physik. 11. Auflage, Springer Verlag
- SUN, W. Q. and LEOPOLD, A.C. 1993: Acquisition of desiccation tolerance in soybeans. *Physiologia Plantarum*, **87**, 403 – 409
- SUN, W. Q.; IRVING, T. C. and LEOPOLD, A. C. 1994: The role of sugar, vitrification and membrane phase transition in seed desiccation tolerance. *Physiologia Plantarum*, **90**, 621 – 628
- SUSZKA, B. 1999: Diskussionsprotokoll des Symposiums „Fortschritte bei der Lagerungstechnologie von Eichensaatgut“ am 28. und 29 April 1998; In: WULF, A. und SCHRÖDER, T. (Bearb.) 1999: Fortschritte bei der Lagerungstechnologie von Eichensaatgut; Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 365, S. 156
- SUSZKA, B. and TYLKOWSKY, T. 1980: Storage of acorns of the English oak (*Quercus robur* L.) over 1 – 5 winters. *Arboretum Kórnickie*, **25**, 199 – 229
- SUSZKA, B.; MULLER, C. and BONNET-MASIMBERT, M. 1996: Seeds of forest broadleaves – from harvest to sowing. Institut National De La Recherche Agronomique (INRA), Paris
- SUSZKA, J. 1999: Die ersten polnischen Versuche über die Abhärtung von Eicheln der Stieleiche. In: WULF, A. und SCHRÖDER, T. (Bearb.) 1999: Fortschritte bei der Lagerungstechnologie von Eichensaatgut; Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 365, 117 - 123
- SZCZOTKA, Z. 1974: Amylolytic activity in acorns of *Quercus borealis* Michx. during storage under controlled conditions. *Arboretum Kórnickie*, **19**, 129 – 134
- SZCZOTKA, Z. 1975: Changes in the intensity of protein synthesis in the embryo axes of Northern Red (*Quercus borealis* Michx.) and English oak (*Quercus robur* L.) acorns during storage under controlled conditions. *Arboretum Kórnickie*, **20**, 291 – 297



- SZCZOTKA, Z. 1978: Intensity of respiration in the embryo axes of *Quercus borealis* Michx. and *Q. robur* L. acorns during storage and aging under controlled conditions. Arboretum Kórnickie, **24**, 145 – 151
- TAIZ, L. und ZEIGER, E. 2000: Gibberelline. In: TAIZ, L. und ZEIGER, E. (Hersg.) 2000: Physiologie der Pflanzen; Spektrum Lehrbuch, Spektrum Akademischer Verlag Gustav Fischer
- TANTAU, H. and DÖRFFLING, K. 1991: In vitro-selection of hydroxyproline-resistant cell lines of wheat (*Triticum aestivum*): Accumulation of proline, decrease in osmotic potential, and increase in frost tolerance. Physiologia Plantarum, **82**, 243 – 248
- TOMMASI, F.; PACIOLLA, C. and ARRIGONI, O. 1999: The ascorbate system in recalcitrant and orthodox seeds. Physiologia Plantarum, **105**, 193 – 198
- TOMPSETT, P. B. and PRITCHARD, H. W. 1993: Water status changes during development in relation to the germination and desiccation tolerance of *Aesculus hippocastanum* L. seeds. Annals of Botany, **71**, 107 – 116
- WALKENHORST, R. 1984: Die Saatgut-Vorbehandlung. Allgemeine Forstzeitschrift, **39**, 890 – 893
- WALKENHORST, R. 1989: Stand und Aussichten für die Langzeitlagerung von Forstsaatgut. Allgemeine Forst Zeitschrift, **44** (9), 222 – 225
- WILLIAMS, R. J. and LEOPOLD, A. C. 1989: The glassy state in corn embryos. Plant Physiology, **89**, 977 – 981
- WILLS, G. D. and MCWHORTER, C. G. 1988: Absorption and translocation of herbicides: Effects of environment, adjuvants and inorganic salts. In: CROSS, B. and SCHER, H. B. (Ed.) 1988: Pesticide formulations – innovations and developments; American Chemical Society, ACS Symposium Series 371
- WULF, A. 1999: Diskussionsprotokoll des Symposiums „Fortschritte bei der Lagerungstechnologie von Eichensaatgut“ am 28. und 29. April 1998; In: WULF, A. und SCHRÖDER, T. (Bearb.) 1999: Fortschritte bei der Lagerungstechnologie von Eichensaatgut; Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 365, S. 156
- ZHAO, S. and BLUMWALD, E. 1998: Changes in oxidation-reduction state antioxidant enzymes in the root of jack pine seedlings during cold acclimation. Physiologia Plantarum, **104**, 134 – 142

## 6. Anhang

### 6.1. Anhang 1: Versuchsjahr 1997 / 1998

Tab. 19: Ergebnisse der **Schnitttestbonitur (S%)** an Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn', Darstellung der Unterschiede zwischen den Eicheln der Konditionierungsvarianten  $KOND_{FL}$ ,  $KOND_{SW}$ ,  $KOND_{SCG}$  und  $KOND_{SCS}$  innerhalb der Boniturklassen „potentiell vital“, „erfrozen“, „vertrocknet“ und „durch biologische Faktoren geschädigt (befallen)“ **der Konditionierungskontrollen und nach  $-4^{\circ}C$  FHTs**, 1997 / 1998. Zurück zu S. 75, 142, 143, 143, 166, 171,

		Prüftermin					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		Konditionierungsdauer [d]					
		30	69	111	153	188	245
<b>KOND vital</b>	FL	94 ± 10	59 ± 14	79 ± 7	67 ± 16	90 ± 4	74 ± 10
	SW	95 ± 4	93 ± 4	81 ± 7	61 ± 15	68 ± 24	63 ± 14
	SC(G)	98 ± 2	81 ± 18	61 ± 2	39 ± 11	93 ± 2	51 ± 12
	SC(S)	98 ± 2	81 ± 18	15 ± 12	11 ± 7	18 ± 5	7 ± 5
<b>KOND erfrozen</b>	FL		39 ± 16	15 ± 7	19 ± 9	1 ± 2	1 ± 2
	SW			6 ± 12	12 ± 14		
	SC(G)			35 ± 4	59 ± 13	3 ± 5	12 ± 7
	SC(S)						
<b>KOND vertrocknet</b>	FL			8 ± 7	20 ± 25	29 ± 27	8 ± 6
	SW						26 ± 10
	SC(G)		19 ± 18			1 ± 2	23 ± 6
	SC(S)		19 ± 18	81 ± 12	89 ± 7	76 ± 3	92 ± 7
<b>KOND befallen</b>	FL	6 ± 10	2 ± 2	6 ± 7	14 ± 10	9 ± 4	17 ± 6
	SW	5 ± 4	7 ± 4	5 ± 2	7 ± 4	3 ± 4	11 ± 9
	SC(G)	2 ± 2		4 ± 3	3 ± 2	3 ± 5	15 ± 2
	SC(S)	2 ± 2		4 ± 4		6 ± 2	1 ± 2
<b>-4°C vital</b>	FL	96 ± 6	67 ± 13	73 ± 8	68 ± 16	90 ± 4	71 ± 2
	SW	97 ± 4	93 ± 2	66 ± 22	73 ± 11	69 ± 27	48 ± 22
	SC(G)	98 ± 4	69 ± 18	67 ± 12	89 ± 12	84 ± 7	68 ± 7
	SC(S)	98 ± 4	69 ± 18	29 ± 17	12 ± 7	22 ± 7	11 ± 9
<b>-4°C erfrozen</b>	FL		32 ± 13	23 ± 5	23 ± 9	3 ± 4	10 ± 2
	SW			8 ± 10			
	SC(G)			25 ± 22	7 ± 12	4 ± 7	4 ± 4
	SC(S)						
<b>-4°C vertrocknet</b>	FL			14 ± 25	21 ± 16	22 ± 26	5 ± 4
	SW			7 ± 12	1 ± 2	9 ± 9	36 ± 21
	SC(G)		29 ± 20	69 ± 15	86 ± 7	78 ± 7	17 ± 12
	SC(S)		29 ± 20				77 ± 6
<b>-4°C befallen</b>	FL	4 ± 6	1 ± 2	4 ± 5	9 ± 9	7 ± 2	14 ± 2
	SW	3 ± 4	7 ± 2	12 ± 12	6 ± 7	9 ± 4	16 ± 4
	SC(G)	2 ± 4	1 ± 2	1 ± 2	3 ± 2	3 ± 2	11 ± 2
	SC(S)	2 ± 4	1 ± 2	1 ± 2	2 ± 4		12 ± 6

arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung

$$S\% = \frac{\text{Anteil d. Boniturmerkmals}}{\text{Stichprobe [n]}} * 100$$

Tab. 20: Ergebnisse der **Schnitttestbonitur (S%)** an Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn', Darstellung der Unterschiede zwischen den Eicheln der Konditionierungsvarianten KOND<sub>FL</sub>, KOND<sub>SW</sub>, KOND<sub>SCG</sub> und KOND<sub>SCS</sub> innerhalb der Boniturstufen „potentiell vital“, „erfroren“, „vertrocknet“ und „durch biologische Faktoren geschädigt (befallen)“ **nach -6°C und -8°C FHTs**, 1997 / 1998. Zurück zu S. 75, 142, 143, 143, 166, 171

		Prüftermin					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		Konditionierungsdauer [d]					
		30	69	111	153	188	245
<b>-6°C</b> vital	FL	34 ± 8	43 ± 13	10 ± 5	42 ± 21	77 ± 9	72 ± 3
	SW	35 ± 7	67 ± 13	72 ± 15	62 ± 16	65 ± 20	60 ± 21
	SC(G)	43 ± 14	59 ± 10	24 ± 3	81 ± 16	61 ± 18	59 ± 6
	SC(S)	43 ± 14	59 ± 10	28 ± 14	11 ± 10	22 ± 7	18 ± 2
<b>-6°C</b> erfroren	FL	65 ± 8	53 ± 13	77 ± 2	45 ± 13	13 ± 6	8 ± 6
	SW	59 ± 5	27 ± 14	21 ± 22			1 ± 2
	SC(G)	51 ± 17		76 ± 3	19 ± 16	17 ± 13	16 ± 11
	SC(S)	51 ± 17					
<b>-6°C</b> vertrocknet	FL			4 ± 8	33 ± 11	31 ± 20	7 ± 7
	SW						31 ± 25
	SC(G)		36 ± 10			16 ± 11	20 ± 4
	SC(S)		36 ± 10	72 ± 14	88 ± 10	77 ± 8	81 ± 4
<b>-6°C</b> befallen	FL	1 ± 2	4 ± 0	13 ± 7	13 ± 13	10 ± 5	13 ± 4
	SW	6 ± 5	6 ± 2	3 ± 4	5 ± 5	4 ± 0	8 ± 4
	SC(G)	6 ± 4	5 ± 2			5 ± 9	5 ± 2
	SC(S)	6 ± 4	5 ± 2		1 ± 2	1 ± 2	1 ± 2
<b>-8°C</b> vital	FL	7 ± 2	10 ± 2	24 ± 45	10 ± 8	55 ± 7	47 ± 9
	SW	19 ± 7	39 ± 13	45 ± 15	48 ± 9	60 ± 9	39 ± 12
	SC(G)	8 ± 9	50 ± 5	4 ± 3	27 ± 10	51 ± 8	35 ± 8
	SC(S)	8 ± 9	50 ± 5	13 ± 6	15 ± 4	21 ± 7	13 ± 5
<b>-8°C</b> erfroren	FL	90 ± 5	83 ± 6	70 ± 44	70 ± 2	38 ± 4	35 ± 9
	SW	80 ± 6	55 ± 11	52 ± 17	32 ± 22	14 ± 13	12 ± 7
	SC(G)	92 ± 9		96 ± 3	71 ± 10	40 ± 11	40 ± 4
	SC(S)	92 ± 9				8 ± 9	
<b>-8°C</b> vertrocknet	FL						5 ± 5
	SW				15 ± 30	24 ± 17	37 ± 13
	SC(G)		50 ± 5			8 ± 0	17 ± 5
	SC(S)		50 ± 5	87 ± 6	84 ± 6	71 ± 8	84 ± 3
<b>-8°C</b> befallen	FL	3 ± 4	7 ± 7	6 ± 2	20 ± 7	7 ± 4	13 ± 6
	SW	1 ± 2	6 ± 4	3 ± 4	5 ± 5	2 ± 2	12 ± 7
	SC(G)				3 ± 2	1 ± 2	8 ± 0
	SC(S)				1 ± 2		3 ± 2

arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung

$$S\% = \frac{\text{Anteil d. Boniturmerkmals}}{\text{Stichprobe}[n]} * 100$$

Tab. 21: **Stichprobenumfang n** für Laboranalysen zur Bestimmung der Wassergehalte in der Embryonenfrischsubstanz und zur Bestimmung der Gehalte von Glucose, Fructose, Saccharose und Stärke in der Embryonentrockensubstanz von potentiell vitalen (v), erfrorenen (e) und vertrockneten (t) Eicheln der Herkunft *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>FL</sub>** und **KOND<sub>SW</sub>**, 1997 / 1998.

		Prüftermin						
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98	
		Konditionierungsdauer [d]						
		30	69	111	153	188	245	
<b>KOND<sub>FL</sub></b>	<b>KOND</b>	v	4	4	4	4	4	4
		e		4	4	4	1	1
		t						3
	<b>-4°C</b>	v	4	4	4	4	4	4
		e		4	4	4	2	4
		t						3
	<b>-6°C</b>	v	4	4	4	4	4	4
		e	4	4	4	4	4	4
		t						3
	<b>-8°C</b>	v	4	4	2	4	4	4
		e	4	4	4	4	4	4
		t						3
<b>KOND<sub>SW</sub></b>	<b>KOND</b>	v	4	4	4	4	4	4
		e			1	2		
		t			3	2	4	4
	<b>-4°C</b>	v	4	4	4	4	4	3
		e			2			
		t			2	3	4	3
	<b>-6°C</b>	v	4	4	4	4	4	3
		e	4	4	3			1
		t			1	4	4	3
	<b>-8°C</b>	v	4	4	4	4	4	3
		e	4	4	4	3	3	3
		t				1	4	3

Tab. 22: **Stichprobenumfang n** für Laboranalysen zur Bestimmung der Wassergehalte in der Embryonenfrischsubstanz und zur Bestimmung der Gehalte von Glucose, Fructose, Saccharose und Stärke in der Embryonentrockensubstanz von potentiell vitalen (v), erfrorenen (e) und vertrockneten (t) Eicheln der Herkunft *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SCG</sub>** und **KOND<sub>SCS</sub>**, 1997 / 1998.

		Prüftermin						
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98	
		Konditionierungsdauer [d]						
		30	69	111	153	188	245	
<b>KOND<sub>SCG</sub></b>	<b>KOND</b>	v	4	4	3	3	3	3
		e		4	3	3	1	3
		t	4	4			1	3
	<b>-4°C</b>	v	4	3	3	3	3	3
		e		4	2	1	1	2
		t	4	3	1	1	3	3
	<b>-6°C</b>	v	4	4	3	3	3	3
		e	4	4	3	2	3	3
		t	4	4			3	3
	<b>-8°C</b>	v	3	4	2	3	3	3
		e	4	4	3	3	3	3
		t	4	4			3	3
<b>KOND<sub>SCS</sub></b>	<b>KOND</b>	v	4	4	3	4	4	4
		t		4	3	4	4	4
	<b>-4°C</b>	v	4	3	3	4	4	4
		t		3	3	4	4	4
	<b>-6°C</b>	v	4	4	3	3	4	4
		t	4	4	3	4	4	4
	<b>-8°C</b>	v	3	4	3	4	4	4
		t	4	4	3	4	4	4

Tab. 23: Entwicklung des **Embryonenwassergehaltes** in konditionierten, nicht frosthärtegeprüften Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn', Vergleich des **Gesamtbildes der Wassergehaltsentwicklung** mit Darstellung der Unterschiede zwischen den Konditionierungsvarianten sowie innerhalb der jeweiligen Varianten über die Konditionierungsdauer (Zeit), 1997/1998.

Zurück zu S. 84

		<b>Prüftermin</b>						
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>						
		30	69	111	153	188	245	
H <sub>2</sub> O [% EFS]	KOND	FL	46,9 ± 1,6	48,1 ± 0,6	48,1 ± 2,5	45,3 ± 2,3	44,5 ± 0,5	42,3 ± 1,7
		SW	43,9 ± 2,7	43,7 ± 1,7	42,2 ± 1,8	40,3 ± 3,2	38,5 ± 3,1	35,9 ± 3,1
		SCG	45,3 ± 0,8	37,4 ± 3,9	41,5 ± 0,4	41,5 ± 1,2	43,1 ± 0,1	39,5 ± 2,5
		SCS			28,8 ± 1,8	34,1 ± 1,1	33,3 ± 0,5	25,2 ± 1,1
Varianten	KOND	FL	A	B	C	C	C	C
		SW	A	B	B	B	B	B
		SCG	A	A	B	BC	C	BC
		SCS			A	A	A	A
Zeit	KOND	FL	A	→				B
		SW	A	→				B
		SCG	A/C	B/-	B/-	→		B/D
		SCS			C	D	D	E

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung,

signifikante Mittelwertunterschiede zwischen Varianten sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird,

bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit.

Tab. 24: Unterschiede im **Embryonenwassergehalt** der Frischsubstanz potentiell vitaler, konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus unterschiedlicher Konditionierung, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 84

		<b>Prüftermin</b>						
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>						
		30	69	111	153	188	245	
<b>Kotyledonenwassergehalt [% EFS]</b>	<b>KOND</b>	FL	46,9 ± 1,6	47,4 ± 0,6	47,8 ± 2,4	45,4 ± 1,4	44,3 ± 0,5	43,5 ± 1,7
		SW	43,9 ± 2,7	43,7 ± 1,7	42,9 ± 1,6	43,2 ± 1,0	41,7 ± 1,1	39,3 ± 2,4
		SCG	45,3 ± 0,8	40,5 ± 1,9	42,3 ± 0,6	45,0 ± 0,7	43,2 ± 0,2	43,1 ± 1,9
		SCS			38,6 ± 1,7	49,5 ± 3,0	40,0 ± 2,8	49,4 ± 1,2
	<b>-4°C</b>	FL	45,9 ± 1,6	46,7 ± 0,1	48,6 ± 1,8	46,3 ± 0,7	45,2 ± 0,8	43,2 ± 1,7
		SW	43,9 ± 0,6	43,5 ± 1,3	43,0 ± 1,2	41,6 ± 0,5	39,8 ± 2,2	38,3 ± 3,5
		SCG	45,3 ± 0,6	40,7 ± 2,0	42,1 ± 0,7	43,2 ± 1,7	42,3 ± 1,5	42,7 ± 1,0
		SCS			41,9 ± 1,3	45,6 ± 4,8	46,0 ± 4,8	37,4 ± 8,2
	<b>-6°C</b>	FL	45,7 ± 0,9	45,5 ± 1,1	47,7 ± 1,3	45,8 ± 1,8	44,1 ± 0,7	43,1 ± 0,3
		SW	42,6 ± 1,1	44,3 ± 0,6	43,4 ± 1,6	44,2 ± 1,7	39,7 ± 2,2	40,1 ± 0,6
		SCG	43,6 ± 1,0	40,5 ± 0,7	44,0 ± 1,8	42,8 ± 0,6	42,2 ± 0,8	40,8 ± 1,3
		SCS			37,5 ± 1,3	41,2 ± 3,8	41,3 ± 3,3	40,0 ± 2,6
	<b>-8°C</b>	FL	46,0 ± 4,5	42,7 ± 2,7	47,1 ± 2,7	44,6 ± 2,4	42,6 ± 1,4	42,7 ± 1,2
		SW	42,0 ± 1,1	42,9 ± 1,8	43,8 ± 2,2	42,6 ± 2,6	40,7 ± 1,6	39,4 ± 0,6
		SCG	41,7 ± 3,0	40,8 ± 0,6	42,4 ± 5,9	40,3 ± 0,9	40,9 ± 1,3	40,5 ± 0,7
		SCS			35,0 ± 2,5	40,8 ± 3,9	38,7 ± 2,6	40,0 ± 2,0
<b>Unterschiede zwischen den Varianten</b>	<b>KOND</b>	FL	A	C	C	A	B	B
		SW	A	B	B	A	AB	A
		SCG	A	A	AB	A	AB	AB
		SCS			AB	B	A	C
	<b>-4°C</b>	FL	A	C	B	A	AB	A
		SW	A	B	A	A	A	A
		SCG	A	A	A	A	AB	A
		SCS			A	A	B	A
	<b>-6°C</b>	FL	B	B	C	A	A	A
		SW	A	B	B	A	A	A
		SCG	A	A	B	A	A	A
		SCS			A	A	A	A
	<b>-8°C</b>	FL	A	A	B	A	A	A
		SW	A	A	B	A	A	A
		SCG	A	A	AB	A	A	A
		SCS			A	A	A	A

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung

signifikante Mittelwertunterschiede zwischen Varianten sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.

Tab. 25: Unterschiede im **Embryonenwassergehalt** der Frischsubstanz bei Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus unterschiedlicher Konditionierungslagerung, wobei A die **Mittelwerte über alle Behandlungen** (KOND und FHT) und B die Signifikanz der Mittelwertdifferenzen darstellt, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 84

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
<b>A</b>	FL	46,1 ± 2,3	45,6 ± 2,3	47,9 ± 1,9	45,5 ± 1,7	44,1 ± 1,3	43,1 ± 1,3
	SW	43,1 ± 1,7	43,6 ± 1,4	43,3 ± 1,6	42,9 ± 1,8	40,4 ± 1,8	39,3 ± 2,0
	SCG	44,1 ± 2,0	40,6 ± 1,2	42,7 ± 2,2	42,8 ± 2,0	42,2 ± 1,3	41,8 ± 1,6
	SCS			38,2 ± 3,0	44,5 ± 5,1	41,5 ± 4,2	41,2 ± 6,0
<b>B</b>	FL	B	C	C	A	B	B
	SW	A	B	B	A	A	A
	SCG	A	A	B	A	AB	AB
	SCS			A	A	A	AB

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung,

signifikante Mittelwertunterschiede zwischen Varianten sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.



Tab. 26: Unterschiede im **Gesamtzucker**gehalt der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus unterschiedlicher Konditionierung, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 88, 89

		<b>Prüftermin</b>						
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>						
		30	69	111	153	188	245	
<b>Gesamtzucker [mg/g ETS]</b>	<b>KOND</b>	FL	116,0 ± 5,3	129,5 ± 2,6	106,9 ± 8,8	99,5 ± 3,1	95,5 ± 6,5	93,5 ± 2,8
		SW	132,5 ± 2,8	135,8 ± 4,5	133,0 ± 1,5	125,3 ± 4,3	119,2 ± 13,4	112,8 ± 9,4
		SCG	108,4 ± 4,3	129,0 ± 10,6	147,5 ± 9,8	137,4 ± 10,6	128,5 ± 0,9	110,3 ± 4,3
		SCS			154,1 ± 3,0	142,4 ± 15,2	125,7 ± 14,0	124,2 ± 16,6
	<b>-4°C</b>	FL	166,0 ± 10,9	155,8 ± 7,2	129,0 ± 2,7	123,0 ± 2,1	113,6 ± 4,0	95,3 ± 3,9
		SW	173,9 ± 7,0	144,8 ± 4,1	136,4 ± 1,7	136,1 ± 4,1	124,6 ± 3,2	125,4 ± 4,3
		SCG	142,4 ± 9,0	133,0 ± 7,5	146,7 ± 10,1	138,4 ± 10,5	132,6 ± 8,1	116,5 ± 6,7
		SCS			165,9 ± 12,3	162,5 ± 18,0	139,2 ± 8,0	133,7 ± 26,6
	<b>-6°C</b>	FL	146,6 ± 11,6	142,0 ± 5,4	124,6 ± 14,6	123,5 ± 15,5	121,9 ± 5,1	108,7 ± 4,5
		SW	157,6 ± 5,7	176,8 ± 35,7	153,2 ± 4,8	154,3 ± 6,8	134,2 ± 15,1	132,3 ± 14,7
		SCG	141,6 ± 25,2	131,8 ± 6,4	169,2 ± 12,3	138,4 ± 5,0	142,2 ± 5,9	128,9 ± 0,4
		SCS			168,0 ± 10,0	153,9 ± 10,8	144,3 ± 10,9	131,8 ± 17,5
	<b>-8°C</b>	FL	135,7 ± 11,3	140,7 ± 6,2	132,6 ± 6,8	124,8 ± 4,9	111,3 ± 8,1	106,5 ± 2,6
		SW	154,1 ± 18,4	142,5 ± 7,7	151,5 ± 9,8	140,9 ± 10,0	136,3 ± 5,3	133,1 ± 6,3
		SCG	122,7 ± 14,3	154,2 ± 8,3	144,6 ± 12,0	138,2 ± 6,3	139,6 ± 6,2	121,7 ± 10,6
		SCS			161,7 ± 4,1	162,5 ± 13,7	142,4 ± 6,2	134,5 ± 32,9
<b>Unterschiede zwischen den Varianten</b>	<b>KOND</b>	FL	A	A	A	A	A	A
		SW	B	A	B	B	B	A
		SCG	A	A	C	B	B	A
		SCS			D	B	B	B
	<b>-4°C</b>	FL	B	B	A	A	A	A
		SW	B	AB	AB	A	A	AB
		SCG	A	A	B	AB	AB	AB
		SCS			C	B	B	B
	<b>-6°C</b>	FL	A	AB	A	A	A	A
		SW	A	B	A	B	A	A
		SCG	A	A	A	AB	A	A
		SCS			A	B	B	A
	<b>-8°C</b>	FL	A	A	A	A	A	A
		SW	A	A	A	A	B	A
		SCG	A	A	A	A	B	A
		SCS			B	B	B	A

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung,

signifikante Mittelwertunterschiede zwischen Varianten sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.

Tab. 27: Unterschiede im **Glucosegehalt** der Embryonentrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus unterschiedlicher Konditionierung, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 88, 89

		<b>Prüftermin</b>						
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>						
		30	69	111	153	188	245	
<b>Glucose [mg/g ETS]</b>	<b>KOND</b>	FL	52,6 ± 1,5	58,5 ± 5,0	49,3 ± 3,9	43,6 ± 3,4	41,5 ± 2,9	40,1 ± 3,0
		SW	63,6 ± 1,6	62,1 ± 2,0	62,6 ± 1,7	54,0 ± 2,6	51,3 ± 1,8	45,7 ± 3,0
		SCG	51,4 ± 2,1	58,1 ± 4,8	66,6 ± 5,7	54,4 ± 3,7	53,9 ± 0,9	47,9 ± 3,4
		SCS			37,8 ± 7,8	44,4 ± 5,3	43,9 ± 9,2	45,2 ± 2,9
	<b>-4°C</b>	FL	76,8 ± 5,9	69,9 ± 2,5	60,4 ± 1,0	56,0 ± 1,9	51,2 ± 2,5	42,9 ± 2,1
		SW	81,0 ± 5,3	68,1 ± 3,3	63,7 ± 2,8	60,7 ± 3,3	51,6 ± 7,1	44,9 ± 8,8
		SCG	68,6 ± 5,4	56,8 ± 1,9	63,6 ± 3,7	58,5 ± 4,8	59,7 ± 3,4	49,3 ± 0,5
		SCS			64,4 ± 10,1	38,3 ± 8,5	47,9 ± 6,8	49,2 ± 10,9
	<b>-6°C</b>	FL	62,4 ± 10,9	60,4 ± 2,8	48,1 ± 10,2	50,4 ± 3,6	54,2 ± 2,3	49,1 ± 2,2
		SW	66,2 ± 12,8	73,1 ± 3,0	70,2 ± 5,2	67,2 ± 2,4	58,4 ± 6,5	55,4 ± 3,6
		SCG	55,8 ± 2,9	55,8 ± 1,9	57,9 ± 5,8	57,4 ± 10,1	57,8 ± 6,5	55,9 ± 3,6
		SCS			51,5 ± 13,2	36,8 ± 4,7	43,1 ± 11,5	44,2 ± 8,2
	<b>-8°C</b>	FL	44,8 ± 9,6	41,7 ± 3,6	24,8 ± 2,1	27,7 ± 13,7	50,5 ± 2,6	44,1 ± 5,4
		SW	47,1 ± 3,5	62,7 ± 5,5	65,3 ± 10,1	62,4 ± 4,7	60,8 ± 1,7	52,1 ± 4,7
		SCG	42,3 ± 15,1	65,0 ± 2,1	27,7 ± 3,9	40,7 ± 10,4	55,8 ± 6,6	51,2 ± 4,0
		SCS			36,3 ± 9,0	33,7 ± 9,1	44,2 ± 6,6	40,4 ± 9,0
<b>Unterschiede zwischen den Varianten</b>	<b>KOND</b>	FL	A	A	B	A	A	A
		SW	B	A	C	B	AB	AB
		SCG	A	A	C	B	B	B
		SCS			A	A	AB	AB
	<b>-4°C</b>	FL	AB	B	A	B	A	A
		SW	B	B	A	B	A	A
		SCG	A	A	A	B	A	A
		SCS			A	A	A	A
	<b>-6°C</b>	FL	A	A	A	B	A	A
		SW	A	B	B	C	A	A
		SCG	A	A	AB	BC	A	A
		SCS			AB	A	A	A
	<b>-8°C</b>	FL	A	A	A	A	AB	A
		SW	A	B	B	B	C	A
		SCG	A	B	A	AB	BC	A
		SCS			A	A	A	A

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung,

signifikante Mittelwertunterschiede zwischen Varianten sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.

Tab. 28: Unterschiede im **Fructosegehalt** der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus unterschiedlicher Konditionierung, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 88, 89

		<b>Prüftermin</b>						
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>						
		30	69	111	153	188	245	
<b>Fructose [mg/g ETS]</b>	<b>KOND</b>	FL	58,8 ± 1,4	67,2 ± 2,5	55,4 ± 3,5	51,8 ± 4,0	49,4 ± 2,1	47,4 ± 4,0
		SW	67,4 ± 1,1	67,7 ± 1,3	67,4 ± 2,0	62,2 ± 2,7	57,3 ± 1,9	54,5 ± 3,8
		SCG	55,4 ± 2,2	64,0 ± 5,7	71,7 ± 5,7	62,8 ± 3,9	66,2 ± 4,8	53,5 ± 4,1
		SCS			44,5 ± 9,3	58,2 ± 3,9	52,5 ± 10,1	52,7 ± 3,5
	<b>-4°C</b>	FL	82,5 ± 5,6	79,1 ± 1,9	67,2 ± 1,1	64,6 ± 1,4	59,0 ± 1,7	50,4 ± 2,0
		SW	83,5 ± 3,3	74,2 ± 2,3	68,1 ± 1,3	69,2 ± 3,2	57,0 ± 8,0	53,8 ± 11,9
		SCG	71,9 ± 5,2	63,1 ± 2,2	69,4 ± 3,7	66,4 ± 6,4	68,0 ± 3,8	56,0 ± 1,1
		SCS			75,1 ± 10,0	45,9 ± 10,7	59,8 ± 8,3	56,3 ± 11,4
	<b>-6°C</b>	FL	68,1 ± 10,0	70,2 ± 1,3	56,8 ± 11,7	59,6 ± 3,9	62,2 ± 2,2	55,4 ± 3,0
		SW	68,8 ± 11,9	78,2 ± 3,8	75,9 ± 5,8	75,4 ± 2,1	65,2 ± 7,6	64,3 ± 7,1
		SCG	59,9 ± 1,1	61,2 ± 2,0	64,3 ± 5,6	63,4 ± 12,0	66,3 ± 7,5	63,1 ± 2,2
		SCS			44,6 ± 32,0	43,6 ± 7,1	50,3 ± 12,6	49,7 ± 9,4
	<b>-8°C</b>	FL	49,8 ± 11,9	48,1 ± 3,4	31,0 ± 5,4	35,4 ± 16,5	56,9 ± 3,5	49,9 ± 5,4
		SW	49,0 ± 5,8	67,5 ± 6,2	71,7 ± 10,7	69,4 ± 5,5	67,4 ± 2,2	60,0 ± 4,7
		SCG	47,0 ± 15,1	69,6 ± 2,4	33,3 ± 6,8	46,3 ± 10,0	64,0 ± 6,2	57,8 ± 3,8
		SCS			43,2 ± 9,4	39,9 ± 11,3	50,1 ± 7,6	45,4 ± 10,4
<b>Unterschiede zwischen den Varianten</b>	<b>KOND</b>	FL	B	A	A	A	A	A
		SW	C	A	B	B	AB	A
		SCG	A	A	B	B	B	A
		SCS			A	AB	A	A
	<b>-4°C</b>	FL	B	C	A	B	A	A
		SW	B	B	A	B	A	A
		SCG	A	A	A	B	A	A
		SCS			A	A	A	A
	<b>-6°C</b>	FL	A	B	A	B	A	A
		SW	A	C	A	C	A	A
		SCG	A	A	A	BC	A	A
		SCS			A	A	A	A
	<b>-8°C</b>	FL	A	A	A	A	AB	A
		SW	A	B	B	B	B	A
		SCG	A	B	A	AB	B	A
		SCS			A	A	A	A

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung,

signifikante Mittelwertunterschiede zwischen Varianten sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.

Tab. 29: Unterschiede im **Saccharosegehalt** der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus unterschiedlicher Konditionierung, 1997 / 1998.

		<b>Prüftermin</b>						
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>						
		30	69	111	153	188	245	
<b>Saccharose [mg/g ETS]</b>	<b>KOND</b>	FL	4,6 ± 2,6	5,1 ± 5,3	2,1 ± 1,6	5,5 ± 6,0	4,6 ± 2,2	8,0 ± 7,1
		SW	1,5 ± 0,8	6,0 ± 6,8	3,1 ± 4,2	9,2 ± 4,2	10,6 ± 10,1	12,6 ± 11,8
		SCG	1,5 ± 0,8	6,9 ± 4,4	9,2 ± 1,6	20,2 ± 5,4	8,4 ± 5,2	9,0 ± 7,1
		SCS			71,8 ± 19,0	39,8 ± 11,2	29,2 ± 14,4	26,3 ± 10,3
	<b>-4°C</b>	FL	9,0 ± 2,3	6,7 ± 4,3	1,8 ± 1,2	2,4 ± 1,8	3,4 ± 1,5	2,0 ± 0,8
		SW	9,3 ± 3,9	2,6 ± 1,4	4,6 ± 5,2	6,3 ± 3,6	16,1 ± 16,6	26,7 ± 23,4
		SCG	2,4 ± 2,7	13,1 ± 9,4	13,7 ± 11,4	13,6 ± 3,7	4,9 ± 5,0	11,2 ± 7,1
		SCS			26,3 ± 11,2	78,4 ± 11,7	31,5 ± 7,0	28,3 ± 4,9
	<b>-6°C</b>	FL	16,1 ± 11,2	11,5 ± 5,7	19,7 ± 18,4	13,5 ± 11,9	5,5 ± 1,6	4,1 ± 3,1
		SW	22,7 ± 22,9	25,4 ± 32,9	7,0 ± 7,5	11,6 ± 4,1	10,6 ± 5,7	12,7 ± 4,3
		SCG	25,9 ± 28,4	14,8 ± 7,5	46,9 ± 12,0	17,6 ± 26,2	18,2 ± 16,4	10,0 ± 5,3
		SCS			57,1 ± 32,2	73,5 ± 3,1	51,0 ± 22,9	37,9 ± 3,7
	<b>-8°C</b>	FL	41,2 ± 19,3	51,0 ± 9,7	76,8 ± 14,3	61,7 ± 30,0	3,8 ± 2,8	12,6 ± 9,6
		SW	58,0 ± 10,7	12,4 ± 5,7	14,5 ± 18,9	9,0 ± 7,1	8,1 ± 7,4	21,0 ± 4,8
		SCG	33,5 ± 19,1	19,6 ± 10,0	83,6 ± 1,3	51,2 ± 25,0	19,8 ± 17,0	12,7 ± 7,0
		SCS			82,2 ± 20,7	88,9 ± 15,8	48,1 ± 18,9	48,7 ± 13,5
<b>Unterschiede zwischen den Varianten</b>	<b>KOND</b>	FL	A	A	A	A	A	A
		SW	A	A	A	A	AB	A
		SCG	A	A	A	A	AB	A
		SCS			B	B	B	A
	<b>-4°C</b>	FL	A	A	A	A	A	A
		SW	A	A	A	A	AB	AB
		SCG	A	A	AB	A	A	AB
		SCS			B	B	B	B
	<b>-6°C</b>	FL	A	A	AB	A	A	A
		SW	A	A	A	A	A	A
		SCG	A	A	AB	A	A	A
		SCS			B	B	B	B
	<b>-8°C</b>	FL	A	B	B	B	A	A
		SW	A	A	A	A	A	A
		SCG	A	A	B	AB	AB	A
		SCS			B	B	B	B

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung,

signifikante Mittelwertunterschiede zwischen Varianten sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.

Tab. 30: Unterschiede im **Stärkegehalt** der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus unterschiedlicher Konditionierung, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 100 oben, 100 unten

		<b>Prüftermin</b>						
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>						
		30	69	111	153	188	245	
Stärke [mg/g ETS]	KOND	FL	329,1 ± 20,3	375,3 ± 6,3	384,9 ± 4,7	384,1 ± 10,1	378,7 ± 3,2	392,4 ± 10,1
		SW	303,5 ± 49,8	353,7 ± 24,7	331,0 ± 29,4	373,9 ± 5,1	357,1 ± 26,9	359,4 ± 21,2
		SCG	380,9 ± 5,0	324,6 ± 30,0	331,0 ± 15,0	337,4 ± 10,7	333,3 ± 44,6	353,3 ± 33,8
		SCS						
	-4°C	FL	324,7 ± 39,7	332,1 ± 11,4	352,3 ± 14,5	375,5 ± 2,3	377,7 ± 11,8	373,6 ± 15,2
		SW	330,6 ± 18,9	318,6 ± 41,8	348,4 ± 12,0	354,4 ± 17,4	363,1 ± 15,9	375,5 ± 12,1
		SCG	362,1 ± 12,9	301,6 ± 23,1	338,3 ± 15,3	324,2 ± 30,2	349,0 ± 11,6	337,8 ± 16,9
		SCS						
	-6°C	FL	360,3 ± 10,9	363,0 ± 6,2	376,6 ± 9,7	373,0 ± 8,6	381,2 ± 17,3	383,4 ± 8,5
		SW	346,6 ± 13,6	355,8 ± 9,2	338,7 ± 15,3	342,1 ± 9,5	345,7 ± 22,4	353,6 ± 22,1
		SCG	370,2 ± 2,5	345,7 ± 6,7	305,5 ± 65,9	321,9 ± 28,1	318,1 ± 35,0	346,9 ± 27,6
		SCS						
	-8°C	FL	363,9 ± 8,3	378,0 ± 7,7	378,0 ± 5,9	386,2 ± 4,3	389,8 ± 7,3	389,2 ± 7,9
		SW	347,8 ± 7,4	329,7 ± 38,5	350,1 ± 5,4	338,7 ± 28,6	352,3 ± 18,9	370,4 ± 4,8
		SCG	376,5 ± 9,8	318,2 ± 24,2	356,2 ± 12,7	340,2 ± 25,8	327,9 ± 29,6	354,1 ± 4,1
		SCS						
Unterschiede zwischen den Varianten	KOND	FL	AB	B	B	B	A	A
		SW	A	AB	A	B	A	A
		SCG	B	A	A	A	A	A
		SCS						
	-4°C	FL	A	A	A	B	A	B
		SW	A	A	A	AB	A	B
		SCG	A	A	A	A	A	A
		SCS						
	-6°C	FL	AB	B	A	B	B	A
		SW	A	AB	A	AB	AB	A
		SCG	B	A	A	A	A	A
		SCS						
	-8°C	FL	AB	B	B	B	B	C
		SW	A	AB	A	A	AB	B
		SCG	B	A	AB	AB	A	A
		SCS						

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung,

signifikante Mittelwertunterschiede zwischen Varianten sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.

Tab. 31: Beziehung der im Zellsaft gelösten Zucker zum Gehalt in der Embryontrockensubstanz und dem Embryonenwassergehalt potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus den Konditionierungskontrollen und nach FHTs, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 88

		Gesamtzucker [mmol / mol H <sub>2</sub> O] vs. [mg / g ETS]			
		KOND	-4°C	-6°C	-8°C
FL	r	0,82	0,91	0,74	0,06
SW	r	0,52	0,83	0,72	-0,09
SCG	r	0,83	0,77	0,41	0,54
SCS	r	0,43	0,10	0,59	0,67
		Gesamtzucker [mmol / mol H <sub>2</sub> O] vs. Embryonenwassergehalt [%]			
		KOND	-4°C	-6°C	-8°C
FL	r	0,04	0,04	-0,27	-0,61
SW	r	-0,47	0,09	0,02	-0,43
SCG	r	-0,69	-0,47	-0,35	-0,33
SCS	r	-0,89	-0,76	-0,65	-0,46
		Glucose [mmol / mol H <sub>2</sub> O] vs. [mg / g ETS]			
		KOND	-4°C	-6°C	-8°C
FL	r	0,86	0,92	0,89	0,92
SW	r	0,68	0,94	0,74	0,76
SCG	r	0,87	0,75	0,72	0,97
SCS	r	0,70	0,70	0,85	0,92
		Glucose [mmol / mol H <sub>2</sub> O] vs. Embryonenwassergehalt [%]			
		KOND	-4°C	-6°C	-8°C
FL	r	0,19	0,04	-0,32	-0,38
SW	r	-0,07	0,58	0,14	-0,16
SCG	r	-0,69	-0,17	-0,53	-0,22
SCS	r	-0,68	-0,57	-0,30	0,11
		Fructose [mmol / mol H <sub>2</sub> O] vs. [mg / g ETS]			
		KOND	-4°C	-6°C	-8°C
FL	r	0,80	0,89	0,86	0,90
SW	r	0,35	0,89	0,63	0,79
SCG	r	0,85	0,66	0,74	0,97
SCS	r	0,52	0,60	0,82	0,89
		Fructose [mmol / mol H <sub>2</sub> O] vs. Embryonenwassergehalt [%]			
		KOND	-4°C	-6°C	-8°C
FL	r	0,09	0,01	-0,34	-0,35
SW	r	-0,36	0,53	-0,02	-0,17
SCG	r	-0,67	-0,35	-0,54	-0,21
SCS	r	-0,69	-0,61	-0,33	0,05
		Saccharose [mmol / mol H <sub>2</sub> O] vs. [mg / g ETS]			
		KOND	-4°C	-6°C	-8°C
FL	r	0,99	1,00	1,00	0,98
SW	r	0,99	0,99	0,99	1,00
SCG	r	0,99	0,99	1,00	0,98
SCS	r	0,96	0,95	0,98	0,96
		Saccharose [mmol / mol H <sub>2</sub> O] vs. Embryonenwassergehalt [%]			
		KOND	-4°C	-6°C	-8°C
FL	r	-0,47	0,14	0,29	0,02
SW	r	-0,61	-0,81	-0,05	-0,08
SCG	r	-0,14	-0,67	0,35	-0,01
SCS	r	-0,39	-0,19	-0,41	-0,60

Tab. 32: **Embryonenwassergehalt** in der Frischsubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>FL</sub>**, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 79, 163

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
		<b>Freilandmiete [d]</b>				<b>Klimakammer [d]</b>	
		30	69	111	153	35	92
<b>Kotyledonenwassergehalt [% EFS]</b>	KOND v	46,9 ± 1,6	47,4 ± 0,6	47,8 ± 2,4	45,4 ± 1,4	44,3 ± 0,5	43,5 ± 1,7
	e		49,5 ± 0,5	50,0 ± 3,0	46,3 ± 5,1	55,9	44,6
	t						31,2 ± 3,1
	-4°C v	45,9 ± 1,6	46,7 ± 0,1	48,6 ± 1,8	46,3 ± 0,7	45,2 ± 0,8	43,2 ± 1,7
	e		48,8 ± 2,3	50,6 ± 1,5	48,9 ± 3,2	44,1 ± 1,5	41,1 ± 4,8
	t						28,8 ± 2,6
-6°C v		45,7 ± 0,9	45,5 ± 1,1	47,7 ± 1,3	45,8 ± 1,8	44,1 ± 0,7	43,1 ± 0,3
	e	49,0 ± 1,7	47,7 ± 1,7	50,6 ± 2,7	46,1 ± 2,0	46,9 ± 1,7	43,5 ± 3,9
-8°C v		46,0 ± 4,5	42,7 ± 2,7	47,1 ± 2,7	44,6 ± 2,4	42,6 ± 1,4	42,7 ± 1,2
	e	47,7 ± 1,3	47,7 ± 0,6	49,8 ± 1,5	46,9 ± 0,7	46,0 ± 1,6	43,8 ± 1,0
Mittel <sup>(a)</sup>	v	46,1 ± 2,3	45,6 ± 2,3	47,9 ± 1,9	45,5 ± 1,7	44,1 ± 1,3	43,1 ± 1,3
	e	48,3 ± 1,6	48,4 ± 1,5	50,2 ± 2,1	47,0 ± 3,1	46,9 ± 3,4	42,9 ± 3,4
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	KOND v		A	A	A	A	B
	e		B	A	A	A	B
	t						A
	-4°C v		A	A	A	A	B
	e		A	A	A	A	B
	t						A
-6°C v		A	A	A	A	A	B
	e	B	A	A	A	B	B
-8°C v		A	A	A	A	A	B
	e	A	B	A	A	B	B
Mittel <sup>(a)</sup>	v	A	A	A	A	A	B
	e	B	B	B	A	B	B
	t						A

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung,

a = Mittel aller Behandlungen einschließlich der nicht im FHT gestressten Eicheln, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Schnitttestboniturklassen potentiell vital (v), erfroren (e) und vertrocknet (t) sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.

Tab. 33: **Gesamtzucker**gehalt in der Embryonentrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>FL</sub>**, 1997 / 1998.

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
		<b>Freilandmiete [d]</b>				<b>Klimakammer [d]</b>	
		30	69	111	153	35	92
<b>Gesamtzucker [mg/g ETS]</b>	v	116,0 ± 5,3	129,5 ± 2,6	106,9 ± 8,8	99,5 ± 3,1	95,5 ± 6,5	93,5 ± 2,8
	e		113,5 ± 11,2	78,4 ± 23,7	115,4 ± 11,2	15,1	105,0
	t						105,3 ± 4,5
<b>-4°C</b>	v	166,0 ± 10,9	155,8 ± 7,2	129,0 ± 2,7	123,0 ± 2,1	113,6 ± 4,0	95,3 ± 3,9
	e		108,6 ± 12,5	60,9 ± 31,0	101,1 ± 27,3	28,2 ± 21,6	97,4 ± 9,6
	t						112,4 ± 5,8
<b>-6°C</b>	v	146,6 ± 11,6	142,0 ± 5,4	124,6 ± 14,6	123,5 ± 15,5	121,9 ± 5,1	108,7 ± 4,5
	e	104,9 ± 10,5	113,3 ± 15,7	73,5 ± 11,4	102,1 ± 11,6	91,1 ± 11,2	107,4 ± 28,7
	t						113,6 ± 2,4
<b>-8°C</b>	v	135,7 ± 11,3	140,7 ± 6,2	132,6 ± 6,8	124,8 ± 4,9	111,3 ± 8,1	106,5 ± 2,6
	e	99,8 ± 3,6	107,8 ± 11,6	68,6 ± 5,8	87,4 ± 8,7	87,4 ± 8,7	96,9 ± 9,6
	t						116,7 ± 1,6
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	v		A	A	A		A
	e		A	A	A		AB
	t						B
<b>-4°C</b>	v		B	B	A	B	A
	e		A	A	A	A	AB
	t						B
<b>-6°C</b>	v	B	B	B	A	B	A
	e	A	A	A	A	A	A
	t						A
<b>-8°C</b>	v	B	B	B	B	B	AB
	e	A	A	A	A	A	A
	t						B

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Schnitttestboniturklassen potentiell vital (**v**), erfroren (**e**) und vertrocknet (**t**) sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.



Tab. 34: **Glucosegehalt** in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>FL</sub>**, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 94 oben, 94 unten, 150, 169, 179

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
		<b>Freilandmiete [d]</b>				<b>Klimakammer [d]</b>	
		30	69	111	153	35	92
<b>Glucose [mg/g ETS]</b>	KOND v	52,6 ± 1,5	58,5 ± 5,0	49,3 ± 3,9	43,6 ± 3,4	41,5 ± 2,9	40,1 ± 3,0
	KOND e		50,1 ± 5,1	35,9 ± 11,2	48,1 ± 4,7	5,4	23,8
	KOND t						17,9 ± 3,4
	-4°C v	76,8 ± 5,9	69,9 ± 2,5	60,4 ± 1,0	56,0 ± 1,9	51,2 ± 2,5	42,9 ± 2,1
-4°C e		49,9 ± 6,0	28,8 ± 13,4	43,0 ± 5,4	13,3 ± 8,2	29,4 ± 4,6	
-4°C t						23,8 ± 2,7	
-6°C v	62,4 ± 10,9	60,4 ± 2,8	48,1 ± 10,2	50,4 ± 3,6	54,2 ± 2,3	49,1 ± 2,2	
-6°C e	50,2 ± 5,3	50,6 ± 7,0	29,0 ± 9,2	43,2 ± 6,4	34,5 ± 2,9	37,6 ± 6,6	
-6°C t						22,4 ± 2,2	
-8°C v	44,8 ± 9,6	41,7 ± 3,6	24,8 ± 2,1	27,7 ± 13,7	50,5 ± 2,6	44,1 ± 5,4	
-8°C e	46,8 ± 2,1	49,1 ± 5,1	22,6 ± 6,9	38,7 ± 3,0	39,4 ± 3,7	41,6 ± 3,8	
-8°C t						23,6 ± 0,9	
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	KOND v		A	A	A		B
	KOND e		A	A	A		A
	KOND t						
	-4°C v		B	B	B	A	B
-4°C e		A	A	A	A	A	
-4°C t							
-6°C v	A	B	B	A	B	C	
-6°C e	A	A	A	A	A	B	
-6°C t						A	
-8°C v	A	A	A	A	B	B	
-8°C e	A	A	A	A	A	B	
-8°C t						A	

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Schnitttestboniturklassen potentiell vital (**v**), erfroren (**e**) und vertrocknet (**t**) sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.

Tab. 35: **Fructosegehalt** in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>FL</sub>**, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 94 oben, 94 unten, 97, 150, 169, 179

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
		<b>Freilandmiete [d]</b>				<b>Klimakammer [d]</b>	
		30	69	111	153	35	92
<b>Fructose [mg/g ETS]</b>	KOND v	58,8 ± 1,4	67,2 ± 2,5	55,4 ± 3,5	51,8 ± 4,0	49,4 ± 2,1	47,4 ± 4,0
	KOND e		57,3 ± 3,8	39,9 ± 14,1	57,0 ± 4,2	6,6	28,5
	KOND t						20,0 ± 2,5
	-4°C v	82,5 ± 5,6	79,1 ± 1,9	67,2 ± 1,1	64,6 ± 1,4	59,0 ± 1,7	50,4 ± 2,0
-4°C e		57,4 ± 6,5	29,8 ± 17,1	46,8 ± 10,9	13,1 ± 13,4	33,9 ± 4,9	
-4°C t						25,5 ± 2,7	
-6°C v	68,1 ± 10,0	70,2 ± 1,3	56,8 ± 11,7	59,6 ± 3,9	62,2 ± 2,2	55,4 ± 3,0	
-6°C e	52,0 ± 6,0	59,1 ± 8,7	42,8 ± 3,6	48,6 ± 7,6	39,0 ± 3,0	42,3 ± 11,6	
-6°C t						26,5 ± 3,2	
-8°C v	49,8 ± 11,9	48,1 ± 3,4	31,0 ± 5,4	35,4 ± 16,5	56,9 ± 3,5	49,9 ± 5,4	
-8°C e	50,7 ± 2,1	56,9 ± 5,1	42,4 ± 1,8	45,5 ± 4,1	46,7 ± 5,3	47,2 ± 4,7	
-8°C t						22,9 ± 0,9	
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	KOND v		B	A	A		B
	KOND e		A	A	A		A
	KOND t						
	-4°C v		B	B	B	A	C
-4°C e		A	A	A	A	B	
-4°C t						A	
-6°C v	B	A	A	B	B	B	
-6°C e	A	A	A	A	A	AB	
-6°C t						A	
-8°C v	A	A	A	A	B	B	
-8°C e	A	B	A	A	A	B	
-8°C t						A	

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Schnitttestboniturklassen potentiell vital (**v**), erfroren (**e**) und vertrocknet (**t**) sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.

Tab. 36: **Saccharosegehalt** in der Embryonentrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>FL</sub>**, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 96, 169

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
		<b>Freilandmiete [d]</b>				<b>Klimakammer [d]</b>	
		30	69	111	153	35	92
<b>Saccharose [mg/g ETS]</b>	KOND v	4,6 ± 2,6	5,1 ± 5,3	2,1 ± 1,6	5,5 ± 6,0	4,6 ± 2,2	8,0 ± 7,1
	KOND e		6,1 ± 3,9	2,6 ± 1,6	10,3 ± 5,7	3,1	52,7
	KOND t						67,3 ± 3,2
	-4°C v	9,0 ± 2,3	6,7 ± 4,3	1,8 ± 1,2	2,4 ± 1,8	3,4 ± 1,5	2,0 ± 0,8
-4°C e		1,6 ± 0,9	2,3 ± 1,2	11,3 ± 11,7	1,8	34,1 ± 13,3	
-4°C t						63,1 ± 10,6	
-6°C v	16,1 ± 11,2	11,5 ± 5,7	19,7 ± 18,4	13,5 ± 11,9	5,5 ± 1,6	4,1 ± 3,1	
-6°C e	2,6 ± 0,9	3,7 ± 2,1	2,0 ± 1,4	10,3 ± 5,2	17,6 ± 11,1	27,4 ± 11,4	
-6°C t						64,7 ± 6,7	
-8°C v	41,2 ± 19,3	51,0 ± 9,7	76,8 ± 14,3	61,7 ± 30,0	3,8 ± 2,8	12,6 ± 9,6	
-8°C e	2,3 ± 1,5	2,4 ± 1,2	3,5 ± 0,8	4,3 ± 0,6	1,4 ± 0,6	8,1 ± 8,2	
-8°C t						70,2 ± 1,5	
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	KOND v		A	A	A		A
	KOND e		A	A	A		B
	-4°C v		A	A	A	A	A
	-4°C e		A	A	A	A	B C
-6°C v	A	B	B	A	A	A	
-6°C e	A	A	A	A	A	B C	
-8°C v	B	B	A	A	A	A	
-8°C e	A	A	A	A	A	A B	

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Schnitttestboniturklassen potentiell vital (**v**), erfroren (**e**) und vertrocknet (**t**) sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.

Tab. 37: **Stärkegehalt** in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>FL</sub>**, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 100 oben, 100 unten, 179

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
		<b>Freilandmiete [d]</b>				<b>Klimakammer [d]</b>	
		30	69	111	153	35	92
<b>Stärke [mg/g ETS]</b>	KOND v	329,1 ± 20,3	375,3 ± 6,3	384,9 ± 4,7	384,1 ± 10,1	378,7 ± 3,2	392,4 ± 10,1
	KOND e		390,2 ± 3,4	392,9 ± 14,8	379,7 ± 8,7	416,0	385,5
	KOND t						389,5 ± 3,5
	-4°C v	324,7 ± 39,7	332,1 ± 11,4	352,3 ± 14,5	375,5 ± 2,3	377,7 ± 11,8	373,6 ± 15,2
-4°C e		373,3 ± 6,8	407,9 ± 17,9	385,7 ± 22,8	435,9 ± 7,9	396,5 ± 4,6	
-4°C t						387,8 ± 4,1	
-6°C v	360,3 ± 10,9	363,0 ± 6,2	376,6 ± 9,7	373,0 ± 8,6	381,2 ± 17,3	383,4 ± 8,5	
-6°C e	373,3 ± 24,1	374,4 ± 23,6	388,8 ± 18,3	386,3 ± 10,1	406,9 ± 4,1	365,7 ± 38,4	
-6°C t						384,5 ± 7,2	
-8°C v	363,9 ± 8,3	378,0 ± 7,7	378,0 ± 5,9	386,2 ± 4,3	389,8 ± 7,3	389,2 ± 7,9	
-8°C e	381,8 ± 9,7	385,7 ± 3,0	405,3 ± 10,7	400,5 ± 5,1	405,5 ± 2,1	397,1 ± 8,7	
-8°C t						390,6 ± 1,8	
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	KOND v		A	A	A		A
	KOND e		B	A	A		A
	-4°C v		A	A	A	A	A
	-4°C e		B	B	A	B	BC AC
-6°C v	A	A	A	A	A	A	
-6°C e	A	A	A	A	B	A	
-6°C t						A	
-8°C v	A	A	A	A	A	A	
-8°C e	B	A	B	B	B	A	
-8°C t						A	

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Schnitttestboniturklassen potentiell vital (**v**), erfroren (**e**) und vertrocknet (**t**) sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.

Tab. 38: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede des **Embryonenwassergehaltes** der Frischsubstanz und des **Gesamtzuckergehaltes** der Embryonentrocks substanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>FL</sub>** vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998.

Zurück zu S. 79, 88

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
		<b>Freilandmiete [d]</b>				<b>Klimakammer [d]</b>	
		30	69	111	153	35	92
<b>Wasser</b> [%EFS]	KOND	46,9 ± 1,6	47,4 ± 0,6	47,8 ± 2,4	45,4 ± 1,4	44,3 ± 0,5	43,5 ± 1,7
	-4°C	45,9 ± 1,6	46,7 ± 0,1	48,6 ± 1,8	46,3 ± 0,7	45,2 ± 0,8	43,2 ± 1,7
	-6°C	45,7 ± 0,9	45,5 ± 1,1	47,7 ± 1,3	45,8 ± 1,8	44,1 ± 0,7	43,1 ± 0,3
	-8°C	46,0 ± 4,5	42,7 ± 2,7	47,1 ± 2,7	44,6 ± 2,4	42,6 ± 1,4	42,7 ± 1,2
<b>Behandlung</b>	KOND	A	B	A	A	AB	A
	-4°C	A	B	A	A	B	A
	-6°C	A	AB	A	A	AB	A
	-8°C	A	A	A	A	A	A
<b>Zeit</b>	KOND	A	→				B
	-4°C	A	A	B	→		C
	-6°C	A	→	B	→		C
	-8°C	A	A	A	→		B
<b>Zucker</b> [mg/g ETS]	KOND	116,0 ± 5,3	129,5 ± 2,6	106,9 ± 8,8	99,5 ± 3,1	95,5 ± 6,5	93,5 ± 2,8
	-4°C	166,0 ± 10,9	155,8 ± 7,2	129,0 ± 2,7	123,0 ± 2,1	113,6 ± 4,0	95,3 ± 3,9
	-6°C	146,6 ± 11,6	142,0 ± 5,4	124,6 ± 14,6	123,5 ± 15,5	121,9 ± 5,1	108,7 ± 4,5
	-8°C	135,7 ± 11,3	140,7 ± 6,2	132,6 ± 6,8	124,8 ± 4,9	111,3 ± 8,1	106,5 ± 2,6
<b>Behandlung</b>	KOND	A	A	A	A	A	A
	-4°C	C	B	BC	A	AB	A
	-6°C	BC	AB	AC	A	B	B
	-8°C	AB	AB	C	A	AB	B
<b>Zeit</b>	KOND	A	B	→			C
	-4°C	A	→		→		B
	-6°C	A	→		→		B
	-8°C	A	A	→			B

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Tab. 39: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede des **Glucosegehaltes** und des **Fructosegehaltes** der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>FL</sub>** vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998.

Zurück zu S. 88, 94

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
		<b>Freilandmiete [d]</b>				<b>Klimakammer [d]</b>	
		30	69	111	153	35	92
<b>Glucose</b> [mg/g ETS]	KOND	52,6 ± 1,5	58,5 ± 5,0	49,3 ± 3,9	43,6 ± 3,4	41,5 ± 2,9	40,1 ± 3,0
	-4°C	76,8 ± 5,9	69,9 ± 2,5	60,4 ± 1,0	56,0 ± 1,9	51,2 ± 2,5	42,9 ± 2,1
	-6°C	62,4 ± 10,9	60,4 ± 2,8	48,1 ± 10,2	50,4 ± 3,6	54,2 ± 2,3	49,1 ± 2,2
	-8°C	44,8 ± 9,6	41,7 ± 3,6	24,8 ± 2,1	27,7 ± 13,7	50,5 ± 2,6	44,1 ± 5,4
<b>Behandlung</b>	KOND	AC	B	B	B	A	A
	-4°C	B	C	B	B	B	A
	-6°C	BC	B	B	B	B	B
	-8°C	A	A	A	A	B	A
<b>Zeit</b>	KOND	A	A	→			B
	-4°C	A	→	A	→	→	B
	-6°C	A	→	A	→	→	A
	-8°C	A	→	A	→	B	B
<b>Fructose</b> [mg/g ETS]	KOND	58,8 ± 1,4	67,2 ± 2,5	55,4 ± 3,5	51,8 ± 4,0	49,4 ± 2,1	47,4 ± 4,0
	-4°C	82,5 ± 5,6	79,1 ± 1,9	67,2 ± 1,1	64,6 ± 1,4	59,0 ± 1,7	50,4 ± 2,0
	-6°C	68,1 ± 10,0	70,2 ± 1,3	56,8 ± 11,7	59,6 ± 3,9	62,2 ± 2,2	55,4 ± 3,0
	-8°C	49,8 ± 11,9	48,1 ± 3,4	31,0 ± 5,4	35,4 ± 16,5	56,9 ± 3,5	49,9 ± 5,4
<b>Behandlung</b>	KOND	AB	B	B	AC	A	A
	-4°C	C	C	B	C	B	A
	-6°C	BC	B	B	BC	BD	A
	-8°C	A	A	A	A	BC	A
<b>Zeit</b>	KOND	A	B	→			C
	-4°C	A	→	→	→	→	B
	-6°C	A	→	A	→	→	A
	-8°C	A	→	A	→	B	B

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Tab. 40: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede des **Saccharosegehaltes** und des **Stärkegehaltes** in der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>FL</sub>** vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998.

Zurück zu S. 94 oben, 94 unten, 100

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
		<b>Freilandmiete [d]</b>				<b>Klimakammer [d]</b>	
		30	69	111	153	35	92
<b>Saccharose</b> [mg/g ETS]	KOND	4,6 ± 2,6	5,1 ± 5,3	2,1 ± 1,6	5,5 ± 6,0	4,6 ± 2,2	8,0 ± 7,1
	-4°C	9,0 ± 2,3	6,7 ± 4,3	1,8 ± 1,2	2,4 ± 1,8	3,4 ± 1,5	2,0 ± 0,8
	-6°C	16,1 ± 11,2	11,5 ± 5,7	19,7 ± 18,4	13,5 ± 11,9	5,5 ± 1,6	4,1 ± 3,1
	-8°C	41,2 ± 19,3	51,0 ± 9,7	76,8 ± 14,3	61,7 ± 30,0	3,8 ± 2,8	12,6 ± 9,6
<b>Behandlung</b>	KOND	A	A	A	A	A	A
	-4°C	A	A	A	A	A	A
	-6°C	A	A	A	A	A	A
	-8°C	B	B	B	B	A	A
<b>Zeit</b>	KOND	A	→				A
	-4°C	A	→				B
	-6°C	A	A	A	→		A
	-8°C	A	→	A	→	A	A
<b>Stärke</b> [mg/g ETS]	KOND	329,1 ± 20,3	375,3 ± 6,3	384,9 ± 4,7	384,1 ± 10,1	378,7 ± 3,2	392,4 ± 10,1
	-4°C	324,7 ± 39,7	332,1 ± 11,4	352,3 ± 14,5	375,5 ± 2,3	377,7 ± 11,8	373,6 ± 15,2
	-6°C	360,3 ± 10,9	363,0 ± 6,2	376,6 ± 9,7	373,0 ± 8,6	381,2 ± 17,3	383,4 ± 8,5
	-8°C	363,9 ± 8,3	378,0 ± 7,7	378,0 ± 5,9	386,2 ± 4,3	389,8 ± 7,3	389,2 ± 7,9
<b>Behandlung</b>	KOND	A	B	BC	A	A	A
	-4°C	A	A	A	A	A	A
	-6°C	A	B	BC	A	A	A
	-8°C	A	B	AC	A	A	A
<b>Zeit</b>	KOND	A	→				B
	-4°C	A	→				B
	-6°C	A	→				B
	-8°C	A	→				B

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Tab. 41: **Embryonenwassergehalt** in der Frischsubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>sw</sub>**, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 83, 84, 163

		<b>Prüftermin</b>						
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>						
		30	69	111	153	188	245	
<b>Kotyledonenwassergehalt [% EFS]</b>	KOND	v e t	43,9 ± 2,7	43,7 ± 1,7	42,9 ± 1,6 40,9 33,3 ± 5,2	43,2 ± 1,0 39,7 ± 0,6 31,7 ± 2,9	41,7 ± 1,1 30,4 ± 1,3	39,3 ± 2,4 26,8 ± 2,2
	-4°C	v e t	43,9 ± 0,6	43,5 ± 1,3	43,0 ± 1,2 40,5 ± 0,7 38,0 ± 0,2	41,6 ± 0,5 30,7 ± 1,4	39,8 ± 2,2 29,2 ± 2,8	38,3 ± 3,5 28,9 ± 2,1
	-6°C	v e t	42,6 ± 1,1 45,1 ± 1,1	44,3 ± 0,6 45,7 ± 1,9	43,4 ± 1,6 41,7 ± 2,4 35,8	44,2 ± 1,7 33,1 ± 0,6	39,7 ± 2,2 29,2 ± 1,9	40,1 ± 0,6 44,2 27,2 ± 1,8
	-8°C	v e t	42,0 ± 1,1 42,8 ± 0,5	42,9 ± 1,8 44,9 ± 2,4	43,8 ± 2,2 41,5 ± 1,9	42,6 ± 2,6 40,1 ± 1,1 32,1	40,7 ± 1,6 42,1 ± 0,8 30,7 ± 2,7	39,4 ± 0,6 38,8 ± 0,9 28,6 ± 2,2
	Mittel <sup>(a)</sup>	v e t	43,1 ± 1,7 43,9 ± 1,4	43,6 ± 1,4 45,3 ± 2,0	43,3 ± 1,6 41,3 ± 1,7 35,3 ± 4,0	42,9 ± 1,8 39,9 ± 0,9 32,0 ± 1,6	40,4 ± 1,8 42,1 ± 0,8 29,9 ± 2,2	39,3 ± 2,0 40,2 ± 2,8 27,8 ± 2,0
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	KOND	v e t			B A	B B A	B A	B A
	-4°C	v e t			B B A	B A	B A	B A
	-6°C	v e t	A B	A A	A A	B A	B A	B A
	-8°C	v e t	A A	A A	A A	A A	B B A	B B A
	Mittel <sup>(a)</sup>	v e t	A A	A B	B B A	C B A	B B A	B B A

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung,

a = Mittel aller Behandlungen einschließlich der nicht im FHT gestressten Eicheln, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Schnitttestboniturklassen potentiell vital (v), erfroren (e) und vertrocknet (t) sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.



Tab. 42: **Gesamtzucker**gehalt in der Embryonentrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SW</sub>**, 1997 / 1998.

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
<b>Gesamtzucker [mg/g ETS]</b>	KOND v	132,5 ± 2,8	135,8 ± 4,5	133,0 ± 1,5	125,3 ± 4,3	119,2 ± 13,4	112,8 ± 9,4
	e			123,5	121,9 ± 2,4		
	t			122,9 ± 18,2	132,0 ± 1,7	136,9 ± 26,5	132,6 ± 8,9
<b>-4°C</b>	v	173,9 ± 7,0	144,8 ± 4,1	136,4 ± 1,7	136,1 ± 4,1	124,6 ± 3,2	125,4 ± 4,3
	e			134,4 ± 2,5			
	t			144,6 ± 12,0	138,5 ± 4,8	111,1 ± 22,7	135,7 ± 14,3
<b>-6°C</b>	v	157,6 ± 5,7	176,8 ± 35,7	153,2 ± 4,8	154,3 ± 6,8	134,2 ± 15,1	132,3 ± 14,7
	e	139,1 ± 7,5	149,4 ± 9,9	146,6 ± 5,5			153,3
	t			123,8	143,5 ± 6,2	135,8 ± 15,4	135,4 ± 2,1
<b>-8°C</b>	v	154,1 ± 18,4	142,5 ± 7,7	151,5 ± 9,8	140,9 ± 10,0	136,3 ± 5,3	133,1 ± 6,3
	e	132,0 ± 12,0	135,3 ± 4,0	130,2 ± 1,4	118,3 ± 10,5	141,8 ± 33,1	110,5 ± 25,7
	t				131,9	128,0 ± 19,7	125,4 ± 6,0
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	KOND v			A	A	A	A
	e			A	A	A	B
	t			A	A	A	A
<b>-4°C</b>	v			A	A	A	A
	e			A	A	A	A
	t			A	A	A	A
<b>-6°C</b>	v	B	A	A	A	A	A
	e	A	A	A	A	A	A
	t						
<b>-8°C</b>	v	A	A	B	B	A	A
	e	A	A	A	A	A	A
	t					A	A

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Schnitttestboniturklassen potentiell vital (v), erfroren (e) und vertrocknet (t) sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.

Tab. 43: **Glucosegehalt** in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SW</sub>**, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 94, 150, 179

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
<b>Glucose [mg/g ETS]</b>	KOND v	63,6 ± 1,6	62,1 ± 2,0	62,6 ± 1,7	54,0 ± 2,6	51,3 ± 1,8	45,7 ± 3,0
	e			55,5	46,0 ± 3,3		
	t			38,8 ± 2,9	48,9 ± 0,8	33,0 ± 14,6	38,1 ± 4,1
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	KOND v	81,0 ± 5,3	68,1 ± 3,3	63,7 ± 2,8	60,7 ± 3,3	51,6 ± 7,1	44,9 ± 8,8
	e			51,0 ± 4,9			
	t			44,7 ± 17,3	46,7 ± 4,1	31,6 ± 9,3	31,3 ± 3,8
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	KOND v	66,2 ± 12,8	73,1 ± 3,0	70,2 ± 5,2	67,2 ± 2,4	58,4 ± 6,5	55,4 ± 3,6
	e	64,9 ± 5,5	61,5 ± 7,3	55,5 ± 11,6			38,8
	t			37,7	50,9 ± 4,5	43,9 ± 3,3	38,6 ± 2,4
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	KOND v	47,1 ± 3,5	62,7 ± 5,5	65,3 ± 10,1	62,4 ± 4,7	60,8 ± 1,7	52,1 ± 4,7
	e	59,9 ± 5,3	61,3 ± 3,7	60,5 ± 1,3	53,5 ± 6,3	49,6 ± 6,0	35,9 ± 8,2
	t				48,8	45,0 ± 8,2	43,0 ± 3,3
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	KOND v			B	B	A	B
	e			A	A	A	A
	t			A	AB	A	A
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	KOND v			A	B	B	A
	e			A	A	A	A
	t			A	A	A	A
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	KOND v	A	B	A	B	B	B
	e	A	A	A	A	A	A
	t						
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	KOND v	A	A	A	A	B	B
	e	B	A	A	A	AB	A
	t					A	AB

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Schnitttestboniturklassen potentiell vital (v), erfroren (e) und vertrocknet (t) sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.

Tab. 44: **Fructosegehalt** in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SW</sub>**, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 94, 150, 179

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
<b>Fructose [mg/g ETS]</b>	KOND v	67,4 ± 1,1	67,7 ± 1,3	67,4 ± 2,0	62,2 ± 2,7	57,3 ± 1,9	54,5 ± 3,8
	e			61,3	56,4 ± 0,5		
	t			40,2 ± 5,7	54,4 ± 0,9	36,1 ± 16,6	42,1 ± 4,3
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	-4°C v	83,5 ± 3,3	74,2 ± 2,3	68,1 ± 1,3	69,2 ± 3,2	57,0 ± 8,0	53,8 ± 11,9
	e			56,5 ± 2,1			
	t			49,7 ± 19,2	50,2 ± 4,9	32,2 ± 7,8	36,4 ± 5,1
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	-6°C v	68,8 ± 11,9	78,2 ± 3,8	75,9 ± 5,8	75,4 ± 2,1	65,2 ± 7,6	64,3 ± 7,1
	e	69,5 ± 3,6	66,7 ± 5,7	62,1 ± 11,3			51,4
	t			40,8	55,2 ± 4,7	45,4 ± 3,5	42,3 ± 2,5
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	-8°C v	49,0 ± 5,8	67,5 ± 6,2	71,7 ± 10,7	69,4 ± 5,5	67,4 ± 2,2	60,0 ± 4,7
	e	64,5 ± 7,3	69,0 ± 3,3	67,7 ± 1,3	58,9 ± 6,3	60,8 ± 9,9	43,4 ± 7,7
	t				54,4	46,7 ± 9,0	45,3 ± 4,1
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	KOND v			B	B	A	B
	e			A	AB	A	A
	t			A	A	A	A
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	-4°C v			A	B	B	A
	e			A	A	A	A
	t			A	A	A	A
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	-6°C v	A	B	A	B	B	B
	e	A	A	A	A	A	A
	t						
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	-8°C v	A	A	A	A	B	B
	e	B	A	A	A	AB	A
	t					A	A

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Schnitttestboniturklassen potentiell vital (v), erfroren (e) und vertrocknet (t) sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.

Tab. 45: **Saccharosegehalt** in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>sw</sub>**, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 97

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
<b>Saccharose [mg/g ETS]</b>	KOND v	1,5 ± 0,8	6,0 ± 6,8	3,1 ± 4,2	9,2 ± 4,2	10,6 ± 10,1	12,6 ± 11,8
	e			6,7	19,6 ± 5,2		
	t			43,9 ± 18,0	28,8 ± 0,0	67,8 ± 45,7	52,3 ± 12,0
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	-4°C v	9,3 ± 3,9	2,6 ± 1,4	4,6 ± 5,2	6,3 ± 3,6	16,1 ± 16,6	26,7 ± 23,4
	e			26,9 ± 9,5			
	t			50,2 ± 48,5	41,6 ± 4,9	47,3 ± 18,5	68,1 ± 6,1
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	-6°C v	22,7 ± 22,9	25,4 ± 32,9	7,0 ± 7,5	11,6 ± 4,1	10,6 ± 5,7	12,7 ± 4,3
	e	4,6 ± 3,9	21,3 ± 3,9	29,0 ± 19,5			63,1
	t			45,3	37,3 ± 8,6	46,5 ± 14,2	54,5 ± 5,6
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	-8°C v	58,0 ± 10,7	12,4 ± 5,7	14,5 ± 18,9	9,0 ± 7,1	8,1 ± 7,4	21,0 ± 4,8
	e	7,7 ± 5,4	5,1 ± 4,5	2,0 ± 1,3	5,9 ± 2,3	31,4 ± 27,6	31,2 ± 9,9
	t				28,8	36,3 ± 12,5	37,1 ± 10,3
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	KOND v			A	A	A	A
	e			B	AB		
	t				B	A	B
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	-4°C v			A	A	A	A
	e			A			
	t			A	B	B	B
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	-6°C v	A	A	A	A	A	A
	e	A	A	A			
	t				B	B	B
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	-8°C v	B	A	B	A	A	A
	e	A	A	A	A	A	A
	t					A	A

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Schnitttestboniturklassen potentiell vital (v), erfroren (e) und vertrocknet (t) sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.

Tab. 46: **Stärkegehalt** in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SW</sub>**, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 100 oben, 100 unten, 179

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
<b>Stärke [mg/g ETS]</b>	KOND v	303,5 ± 49,8	353,7 ± 24,7	331,0 ± 29,4	373,9 ± 5,1	357,1 ± 26,9	359,4 ± 21,2
	e			364,9	357,4 ± 22,1		
	t			380,1 ± 12,6	359,1 ± 24,1	367,3 ± 16,9	339,3 ± 10,1
	-4°C v	330,6 ± 18,9	318,6 ± 41,8	348,4 ± 12,0	354,4 ± 17,4	363,1 ± 15,9	375,5 ± 12,1
	e			371,7 ± 10,6			
	t			372,0 ± 3,6	381,0 ± 6,9	377,3 ± 3,4	356,5 ± 33,3
	-6°C v	346,6 ± 13,6	355,8 ± 9,2	338,7 ± 15,3	342,1 ± 9,5	345,7 ± 22,4	353,6 ± 22,1
	e	341,0 ± 15,7	339,7 ± 13,8	329,4 ± 29,0			346,0
	t			373,2	349,6 ± 23,2	369,1 ± 11,0	347,2 ± 34,3
	-8°C v	347,8 ± 7,4	329,7 ± 38,5	350,1 ± 5,4	338,7 ± 28,6	352,3 ± 18,9	370,4 ± 4,8
	e	354,8 ± 11,7	346,6 ± 5,3	341,1 ± 23,1	356,1 ± 14,2	388,6 ± 11,1	365,4 ± 36,5
	t				348,6	369,1 ± 7,2	361,2 ± 7,8
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	KOND v			A	A	A	A
	e			B	A	A	A
	t				A	A	A
	-4°C v			A	A	A	A
	e			A	A	A	A
	t			A	A	A	A
	-6°C v	A	A	A	A	A	A
	e	A	A	A	A	A	A
	t						
	-8°C v	A	A	A	A	A	A
	e	A	A	A	A	A	A
	t						

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Schnitttestboniturklassen potentiell vital (v), erfroren (e) und vertrocknet (t) sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.

Tab. 47: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede des **Embryonenwassergehaltes** der Frischsubstanz und des **Gesamtzuckergehaltes** der Embryonetrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SW</sub>** vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998.

Zurück zu S. 83, 88

		Prüftermin					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		Konditionierungsdauer [d]					
		30	69	111	153	188	245
Wasser [%EFS]	KOND	43,9 ± 2,7	43,7 ± 1,7	42,9 ± 1,6	43,2 ± 1,0	41,7 ± 1,1	39,3 ± 2,4
	-4°C	43,9 ± 0,6	43,5 ± 1,3	43,0 ± 1,2	41,6 ± 0,5	39,8 ± 2,2	38,3 ± 3,5
	-6°C	42,6 ± 1,1	44,3 ± 0,6	43,4 ± 1,6	44,2 ± 1,7	39,7 ± 2,2	40,1 ± 0,6
	-8°C	42,0 ± 1,1	42,9 ± 1,8	43,8 ± 2,2	42,6 ± 2,6	40,7 ± 1,6	39,4 ± 0,6
Behandlung	KOND	A	A	A	A	A	A
	-4°C	A	A	A	A	A	A
	-6°C	A	A	A	A	A	A
	-8°C	A	A	A	A	A	A
Zeit	KOND	A	→				B
	-4°C	A	→				B
	-6°C	A	B	→	B	→	C
	-8°C	A	→	A	→	→	B
Zucker [mg/g ETS]	KOND	132,5 ± 2,8	135,8 ± 4,5	133,0 ± 1,5	125,3 ± 4,3	119,2 ± 13,4	112,8 ± 9,4
	-4°C	173,9 ± 7,0	144,8 ± 4,1	136,4 ± 1,7	136,1 ± 4,1	124,6 ± 3,2	125,4 ± 4,3
	-6°C	157,6 ± 5,7	176,8 ± 35,7	153,2 ± 4,8	154,3 ± 6,8	134,2 ± 15,1	132,3 ± 14,7
	-8°C	154,1 ± 18,4	142,5 ± 7,7	151,5 ± 9,8	140,9 ± 10,0	136,3 ± 5,3	133,1 ± 6,3
Behandlung	KOND	A	A	A	A	A	A
	-4°C	B	A	A	AC	A	A
	-6°C	B	B	B	B	A	A
	-8°C	AB	A	B	BC	A	A
Zeit	KOND	A	→				B
	-4°C	A	→				B
	-6°C	A	A	→	→	→	A
	-8°C	A	A	A	→	→	B

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Tab. 48: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede des **Glucosegehaltes** und des **Fructosegehaltes** der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SW</sub>** vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998.

Zurück zu S. 88, 94

		Prüftermin					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		Konditionierungsdauer [d]					
		30	69	111	153	188	245
Glucose [mg/g ETS]	KOND	63,6 ± 1,6	62,1 ± 2,0	62,6 ± 1,7	54,0 ± 2,6	51,3 ± 1,8	45,7 ± 3,0
	-4°C	81,0 ± 5,3	68,1 ± 3,3	63,7 ± 2,8	60,7 ± 3,3	51,6 ± 7,1	44,9 ± 8,8
	-6°C	66,2 ± 12,8	73,1 ± 3,0	70,2 ± 5,2	67,2 ± 2,4	58,4 ± 6,5	55,4 ± 3,6
	-8°C	47,1 ± 3,5	62,7 ± 5,5	65,3 ± 10,1	62,4 ± 4,7	60,8 ± 1,7	52,1 ± 4,7
Behandlung	KOND	B	A	A	A	A	A
	-4°C	C	AB	A	A	A	A
	-6°C	BC	B	A	B	A	A
	-8°C	A	A	A	B	A	A
Zeit	KOND	A	→				B
	-4°C	A	→				B
	-6°C	A	A	→			B
	-8°C	A	B		B	→	C
Fructose [mg/g ETS]	KOND	67,4 ± 1,1	67,7 ± 1,3	67,4 ± 2,0	62,2 ± 2,7	57,3 ± 1,9	54,5 ± 3,8
	-4°C	83,5 ± 3,3	74,2 ± 2,3	68,1 ± 1,3	69,2 ± 3,2	57,0 ± 8,0	53,8 ± 11,9
	-6°C	68,8 ± 11,9	78,2 ± 3,8	75,9 ± 5,8	75,4 ± 2,1	65,2 ± 7,6	64,3 ± 7,1
	-8°C	49,0 ± 5,8	67,5 ± 6,2	71,7 ± 10,7	69,4 ± 5,5	67,4 ± 2,2	60,0 ± 4,7
Behandlung	KOND	B	A	A	A	A	A
	-4°C	C	AB	A	AB	A	A
	-6°C	B	B	A	B	A	A
	-8°C	A	A	A	AB	A	A
Zeit	KOND	A	→				B
	-4°C	A	B	C	C	D	D
	-6°C	A	A	→			B
	-8°C	A	B	B	B	→	B

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Tab. 49: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede des **Saccharosegehaltes** und des **Stärkegehaltes** in der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>sw</sub>** vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998.

Zurück zu S. 94, 100

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
<b>Saccharose</b> [mg/g ETS]	KOND	1,5 ± 0,8	6,0 ± 6,8	3,1 ± 4,2	9,2 ± 4,2	10,6 ± 10,1	12,6 ± 11,8
	-4°C	9,3 ± 3,9	2,6 ± 1,4	4,6 ± 5,2	6,3 ± 3,6	16,1 ± 16,6	26,7 ± 23,4
	-6°C	22,7 ± 22,9	25,4 ± 32,9	7,0 ± 7,5	11,6 ± 4,1	10,6 ± 5,7	12,7 ± 4,3
	-8°C	58,0 ± 10,7	12,4 ± 5,7	14,5 ± 18,9	9,0 ± 7,1	8,1 ± 7,4	21,0 ± 4,8
<b>Behandlung</b>	KOND	A	A	A	A	A	A
	-4°C	A	A	A	A	A	A
	-6°C	A	A	A	A	A	A
	-8°C	B	A	A	A	A	A
<b>Zeit</b>	KOND	A	—————▶				A
	-4°C	A	B	—————▶			B
	-6°C	A	A	—————▶			A
	-8°C	A	B	—————▶			B
<b>Stärke</b> [mg/g ETS]	KOND	303,5 ± 49,8	353,7 ± 24,7	331,0 ± 29,4	373,9 ± 5,1	357,1 ± 26,9	359,4 ± 21,2
	-4°C	330,6 ± 18,9	318,6 ± 41,8	348,4 ± 12,0	354,4 ± 17,4	363,1 ± 15,9	375,5 ± 12,1
	-6°C	346,6 ± 13,6	355,8 ± 9,2	338,7 ± 15,3	342,1 ± 9,5	345,7 ± 22,4	353,6 ± 22,1
	-8°C	347,8 ± 7,4	329,7 ± 38,5	350,1 ± 5,4	338,7 ± 28,6	352,3 ± 18,9	370,4 ± 4,8
<b>Behandlung</b>	KOND	A	A	A	A	A	A
	-4°C	A	A	A	A	A	A
	-6°C	A	A	A	A	A	A
	-8°C	A	A	A	A	A	A
<b>Zeit</b>	KOND	A	—————▶				A
	-4°C	A	—————▶			B	
	-6°C	A	—————▶			A	
	-8°C	A	—————▶			B	

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.



Tab. 50: **Embryonenwassergehalt** in der Frischsubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SCG</sub>**, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 83, 84

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
		<b>SC [d]</b>			<b>SC-G [d]</b>		
		30	69	42	84	119	176
<b>Kotyledonenwassergehalt [% EFS]</b>	KOND v	45,3 ± 0,8	40,5 ± 1,9	42,3 ± 0,6	45,0 ± 0,7	43,2 ± 0,2	43,1 ± 1,9
	e			40,1 ± 1,2	39,4 ± 1,6	43,2	41,4 ± 3,6
	t		23,7 ± 0,8			35,5	27,6 ± 3,7
	-4°C v	45,3 ± 0,6	40,7 ± 2,0	42,1 ± 0,7	43,2 ± 1,7	42,3 ± 1,5	42,7 ± 1,0
	e			43,2 ± 0,2	44,7	53,8	44,5 ± 1,7
t		26,6 ± 1,1	35,2	30,9	33,6 ± 2,8	27,0 ± 6,0	
-6°C v		43,6 ± 1,0	40,5 ± 0,7	44,0 ± 1,8	42,8 ± 0,6	42,2 ± 0,8	40,8 ± 1,3
	e	45,7 ± 0,9		42,7 ± 1,6	42,0 ± 2,3	42,6 ± 3,1	45,7 ± 2,8
t		28,1 ± 2,7			32,7 ± 2,6	26,2 ± 3,6	
-8°C v		41,7 ± 3,0	40,8 ± 0,6	42,4 ± 5,9	40,3 ± 0,9	40,9 ± 1,3	40,5 ± 0,7
	e	45,0 ± 3,8		43,2 ± 0,5	44,3 ± 2,1	41,1 ± 1,3	44,9 ± 3,4
t		32,2 ± 4,8			32,2 ± 5,6	27,4 ± 0,8	
Mittel <sup>(a)</sup> v		44,1 ± 2,0	40,6 ± 1,2	42,7 ± 2,2	42,8 ± 2,0	42,2 ± 1,3	41,8 ± 1,6
	e	45,3 ± 2,6		42,2 ± 1,7	42,2 ± 2,8	43,5 ± 4,6	44,1 ± 3,2
t		27,7 ± 4,2	35,2	30,9	33,1 ± 3,3	27,1 ± 3,5	
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	KOND v		B	A	B		B
	e		A	A	A		B
	t						A
	-4°C v		B	A		B	B
	e		A	A		A	B
t						A	
-6°C v		A	B	A	A	B	B
	e	B		A	A	B	B
t		A			A	A	
-8°C v		A	B	A	A	B	B
	e	A	A	A	B	B	B
t					A	A	
Mittel <sup>(a)</sup> v		A	B	A	A	B	B
	e	A		A	A	B	B
t		A			A	A	A

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung,

a = Mittel aller Behandlungen einschließlich der nicht im FHT gestressten Eicheln, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Schnitttestboniturklassen potentiell vital (v), erfroren (e) und vertrocknet (t) sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.



Tab. 52: **Glucosegehalt** in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SCG</sub>**, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 94, 150, 179

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
		<b>SC [d]</b>		<b>SC-G [d]</b>			
		30	69	42	84	119	176
<b>Glucose [mg/g ETS]</b>	KOND v	51,4 ± 2,1	58,1 ± 4,8	66,6 ± 5,7	54,4 ± 3,7	53,9 ± 0,9	47,9 ± 3,4
	e			59,2 ± 9,1	52,2 ± 5,9	26,4	34,4 ± 7,5
	t		23,2 ± 8,2			15,0	31,8 ± 7,3
<b>-4°C</b>	v	68,6 ± 5,4	56,8 ± 1,9	63,6 ± 3,7	58,5 ± 4,8	59,7 ± 3,4	49,3 ± 0,5
	e			58,3 ± 2,0	45,4	51,6	27,3 ± 6,1
	t		26,5 ± 2,3	42,9	15,0	23,9 ± 7,4	29,2 ± 12,7
<b>-6°C</b>	v	55,8 ± 2,9	55,8 ± 1,9	57,9 ± 5,8	57,4 ± 10,1	57,8 ± 6,5	55,9 ± 3,6
	e	41,1 ± 6,2		63,5 ± 5,9	42,3 ± 3,6	37,6 ± 14,8	41,1 ± 5,5
	t		33,4 ± 8,8			28,0 ± 1,7	33,6 ± 3,0
<b>-8°C</b>	v	42,3 ± 15,1	65,0 ± 2,1	27,7 ± 3,9	40,7 ± 10,4	55,8 ± 6,6	51,2 ± 4,0
	e	46,6 ± 0,9		62,5 ± 3,0	54,7 ± 3,0	47,4 ± 4,3	43,8 ± 4,1
	t		49,8 ± 8,9			28,9 ± 9,6	35,1 ± 3,4
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	KOND v		B	A	A		B
	e		A	A	A		AB
	t						A
<b>-4°C</b>	v		B	A		B	A
	e		A	A		A	A
	t						
<b>-6°C</b>	v	B	B	A	A	B	B
	e	A		A	A	AB	A
	t		A			A	A
<b>-8°C</b>	v	A	B	A	A	B	B
	e	A		B	A	B	AB
	t		A			A	A

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Schnitttestboniturklassen potentiell vital (**v**), erfroren (**e**) und vertrocknet (**t**) sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.

Tab. 53: **Fructosegehalt** in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SCG</sub>**, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 94, 150, 179

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
		<b>SC [d]</b>		<b>SC-G [d]</b>			
		30	69	42	84	119	176
<b>Fructose [mg/g ETS]</b>	KOND v	55,4 ± 2,2	64,0 ± 5,7	71,7 ± 5,7	62,8 ± 3,9	66,2 ± 4,8	53,5 ± 4,1
	e			64,5 ± 10,3	58,8 ± 6,5	33,8	36,8 ± 9,7
	t		25,7 ± 10,0			17,2	34,3 ± 8,9
	-4°C v	71,9 ± 5,2	63,1 ± 2,2	69,4 ± 3,7	66,4 ± 6,4	68,0 ± 3,8	56,0 ± 1,1
	e			64,3 ± 1,4	49,4	69,9	33,1 ± 3,3
	t		29,2 ± 1,8	45,7	15,2	28,1 ± 7,0	30,8 ± 13,8
	-6°C v	59,9 ± 1,1	61,2 ± 2,0	64,3 ± 5,6	63,4 ± 12,0	66,3 ± 7,5	63,1 ± 2,2
	e	44,4 ± 5,8		70,6 ± 4,9	48,9 ± 4,0	42,9 ± 15,3	47,5 ± 3,3
	t		36,7 ± 9,6			30,5 ± 4,2	34,5 ± 1,1
	-8°C v	47,0 ± 15,1	69,6 ± 2,4	33,3 ± 6,8	46,3 ± 10,0	64,0 ± 6,2	57,8 ± 3,8
	e	51,1 ± 1,8		68,1 ± 4,1	62,3 ± 4,1	54,8 ± 5,7	50,8 ± 4,3
	t		53,5 ± 9,2			32,2 ± 11,7	36,5 ± 3,8
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	KOND v		B	A	A		A
	e		A	A	A		A
	t						A
	-4°C v		B	A		B	B
	e		A	A		A	AB
	t						AB
	-6°C v	B	B	A	A	B	C
	e	A		A	A	AB	B
	t		A			A	A
	-8°C v	A	B	A	A	B	B
	e	A		B	A	B	B
	t		A			A	A

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Schnitttestboniturklassen potentiell vital (v), erfroren (e) und vertrocknet (t) sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.



Tab. 55: **Stärkegehalt** in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SCG</sub>**, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 100, 179

		<b>Prüftermin</b>						
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>						
		30	69	111	153	188	245	
		<b>SC [d]</b>		<b>SC-G [d]</b>				
		30	69	42	84	119	176	
<b>Stärke [mg/g ETS]</b>	KOND	v	380,9 ± 5,0	324,6 ± 30,0	331,0 ± 15,0	337,4 ± 10,7	333,3 ± 44,6	353,3 ± 33,8
		e			340,4 ± 15,0	332,2 ± 12,3	131,2	355,5 ± 35,2
	t		371,9 ± 16,1			362,8	341,8 ± 17,5	
	-4°C	v	362,1 ± 12,9	301,6 ± 23,1	338,3 ± 15,3	324,2 ± 30,2	349,0 ± 11,6	337,8 ± 16,9
e				328,6 ± 46,0	340,1	336,7	358,7 ± 37,7	
t		362,5 ± 14,5	353,7	353,7	390,4	335,6 ± 22,0	324,9 ± 29,7	
-6°C	v	370,2 ± 2,5	345,7 ± 6,7	305,5 ± 65,9	321,9 ± 28,1	318,1 ± 35,0	346,9 ± 27,6	
	e	397,9 ± 4,8		320,4 ± 7,8	340,8 ± 22,6	346,1 ± 21,9	327,6 ± 10,8	
t			375,1 ± 8,6			359,7 ± 12,6	322,6 ± 18,8	
-8°C	v	376,5 ± 9,8	318,2 ± 24,2	356,2 ± 12,7	340,2 ± 25,8	327,9 ± 29,6	354,1 ± 4,1	
	e	378,7 ± 21,4		323,7 ± 23,0	342,9 ± 16,7	353,4 ± 11,1	332,6 ± 17,2	
t		361,7 ± 35,6				337,2 ± 22,1	326,4 ± 6,8	
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	KOND	v		A	A	A		A
		e		B	A	A		A
	t							A
	-4°C	v		A	A		A	A
e			B	A		A	A	
t							A	
-6°C	v	A	A	A	A	A	A	
	e	B	B	A	A	A	A	
t							A	
-8°C	v	A	A	A	A	A	B	
	e	A	A	A	A	A	AB	
t							A	

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Schnitttestboniturklassen potentiell vital (**v**), erfroren (**e**) und vertrocknet (**t**) sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.

Tab. 56: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede des **Embryonenwassergehaltes** der Frischsubstanz und des **Gesamtzuckergehaltes** der Embryonetrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SCG</sub>** vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998.

Zurück zu S. 83, 88

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
		<b>SC [d]</b>		<b>SC-G [d]</b>			
		30	69	42	84	119	176
<b>Wasser</b> [%EFS]	KOND	45,3 ± 0,8	40,5 ± 1,9	42,3 ± 0,6	45,0 ± 0,7	43,2 ± 0,2	43,1 ± 1,9
	-4°C	45,3 ± 0,6	40,7 ± 2,0	42,1 ± 0,7	43,2 ± 1,7	42,3 ± 1,5	42,7 ± 1,0
	-6°C	43,6 ± 1,0	40,5 ± 0,7	44,0 ± 1,8	42,8 ± 0,6	42,2 ± 0,8	40,8 ± 1,3
	-8°C	41,7 ± 3,0	40,8 ± 0,6	42,4 ± 5,9	40,3 ± 0,9	40,9 ± 1,3	40,5 ± 0,7
<b>Behandlung</b>	KOND	B	A	A	B	A	A
	-4°C	B	A	A	B	A	A
	-6°C	AB	A	A	AB	A	A
	-8°C	A	A	A	A	A	A
<b>Zeit</b>	KOND	A	B	→	C	→	C
	-4°C	A	A		A	→	B
	-6°C	A	B	B	→	→	B
	-8°C	A	A	A	→	→	A
<b>Zucker</b> [mg/g ETS]	KOND	108,4 ± 4,3	129,0 ± 10,6	147,5 ± 9,8	137,4 ± 10,6	128,5 ± 0,9	110,3 ± 4,3
	-4°C	142,4 ± 9,0	133,0 ± 7,5	146,7 ± 10,1	138,4 ± 10,5	132,6 ± 8,1	116,5 ± 6,7
	-6°C	141,6 ± 25,2	131,8 ± 6,4	169,2 ± 12,3	138,4 ± 5,0	142,2 ± 5,9	128,9 ± 0,4
	-8°C	122,7 ± 14,3	154,2 ± 8,3	144,6 ± 12,0	138,2 ± 6,3	139,6 ± 6,2	121,7 ± 10,6
<b>Behandlung</b>	KOND	A	A	A	A	A	A
	-4°C	B	A	A	A	A	AB
	-6°C	B	A	A	A	A	B
	-8°C	AB	B	A	A	A	AB
<b>Zeit</b>	KOND	A	B	B	→	→	C
	-4°C	A	A	A	→	→	B
	-6°C	A	A	A	→	→	A
	-8°C	A	B	B	→	→	B

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Tab. 57: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede des **Glucosegehaltes** und des **Fructosegehaltes** der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SCG</sub>** vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998.

Zurück zu S. 88, 94

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
		<b>SC [d]</b>		<b>SC-G [d]</b>			
		30	69	42	84	119	176
<b>Glucose</b> [mg/g ETS]	KOND	51,4 ± 2,1	58,1 ± 4,8	66,6 ± 5,7	54,4 ± 3,7	53,9 ± 0,9	47,9 ± 3,4
	-4°C	68,6 ± 5,4	56,8 ± 1,9	63,6 ± 3,7	58,5 ± 4,8	59,7 ± 3,4	49,3 ± 0,5
	-6°C	55,8 ± 2,9	55,8 ± 1,9	57,9 ± 5,8	57,4 ± 10,1	57,8 ± 6,5	55,9 ± 3,6
	-8°C	42,3 ± 15,1	65,0 ± 2,1	27,7 ± 3,9	40,7 ± 10,4	55,8 ± 6,6	51,2 ± 4,0
<b>Behandlung</b>	KOND	A	A	B	A	A	A
	-4°C	B	A	B	A	A	A
	-6°C	AB	A	B	A	A	A
	-8°C	A	B	A	A	A	A
<b>Zeit</b>	KOND	A	B	B	→		C
	-4°C	A	B	C	→		D
	-6°C	A	A	A	→		A
	-8°C	A	A	B	→		C
<b>Fructose</b> [mg/g ETS]	KOND	55,4 ± 2,2	64,0 ± 5,7	71,7 ± 5,7	62,8 ± 3,9	66,2 ± 4,8	53,5 ± 4,1
	-4°C	71,9 ± 5,2	63,1 ± 2,2	69,4 ± 3,7	66,4 ± 6,4	68,0 ± 3,8	56,0 ± 1,1
	-6°C	59,9 ± 1,1	61,2 ± 2,0	64,3 ± 5,6	63,4 ± 12,0	66,3 ± 7,5	63,1 ± 2,2
	-8°C	47,0 ± 15,1	69,6 ± 2,4	33,3 ± 6,8	46,3 ± 10,0	64,0 ± 6,2	57,8 ± 3,8
<b>Behandlung</b>	KOND	A	AB	B	A	A	A
	-4°C	B	AB	B	A	A	AB
	-6°C	AB	A	B	A	A	B
	-8°C	A	B	A	A	A	AB
<b>Zeit</b>	KOND	A	B	→		C	
	-4°C	A	B	→		C	
	-6°C	A	A	→		A	
	-8°C	A	A	→	B	B	

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.



Tab. 58: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede des **Saccharosegehaltes** und des **Stärkegehaltes** in der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SCG</sub>** vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998.

Zurück zu S. 94, 100

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
		<b>SC [d]</b>		<b>SC-G [d]</b>			
		30	69	42	84	119	176
<b>Saccharose</b> [mg/g ETS]	KOND	1,5 ± 0,8	6,9 ± 4,4	9,2 ± 1,6	20,2 ± 5,4	8,4 ± 5,2	9,0 ± 7,1
	-4°C	2,4 ± 2,7	13,1 ± 9,4	13,7 ± 11,4	13,6 ± 3,7	4,9 ± 5,0	11,2 ± 7,1
	-6°C	25,9 ± 28,4	14,8 ± 7,5	46,9 ± 12,0	17,6 ± 26,2	18,2 ± 16,4	10,0 ± 5,3
	-8°C	33,5 ± 19,1	19,6 ± 10,0	83,6 ± 1,3	51,2 ± 25,0	19,8 ± 17,0	12,7 ± 7,0
<b>Behandlung</b>	KOND	A	A	A	A	A	A
	-4°C	A	A	A	A	A	A
	-6°C	A	A	B	A	A	A
	-8°C	A	A	C	A	A	A
<b>Zeit</b>	KOND	A	A	A	B	→	B
	-4°C	A	A	A	→	→	A
	-6°C	A	A	B	→	→	C
	-8°C	A	A	B	→	→	B
<b>Stärke</b> [mg/g ETS]	KOND	380,9 ± 5,0	324,6 ± 30,0	331,0 ± 15,0	337,4 ± 10,7	333,3 ± 44,6	353,3 ± 33,8
	-4°C	362,1 ± 12,9	301,6 ± 23,1	338,3 ± 15,3	324,2 ± 30,2	349,0 ± 11,6	337,8 ± 16,9
	-6°C	370,2 ± 2,5	345,7 ± 6,7	305,5 ± 65,9	321,9 ± 28,1	318,1 ± 35,0	346,9 ± 27,6
	-8°C	376,5 ± 9,8	318,2 ± 24,2	356,2 ± 12,7	340,2 ± 25,8	327,9 ± 29,6	354,1 ± 4,1
<b>Behandlung</b>	KOND	B	A	A	A	A	A
	-4°C	A	A	A	A	A	A
	-6°C	AB	A	A	A	A	A
	-8°C	AB	A	A	A	A	A
<b>Zeit</b>	KOND	A	→	→	→	→	A
	-4°C	A	→	→	→	→	A
	-6°C	A	→	→	→	→	A
	-8°C	A	→	→	→	→	B

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Tab. 59: **Embryonenwassergehalt** in der Frischsubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SCS</sub>**, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 83, 84

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
		<b>SC [d]</b>			<b>SC-S [d]</b>		
		30	69	42	84	119	176
<b>Kotyledonenwassergehalt [% EFS]</b>	KOND v	45,3 ± 0,8	40,5 ± 1,9	38,6 ± 1,7	49,5 ± 3,0	40,0 ± 2,8	49,4 ± 1,2
	e						
	t		23,7 ± 0,8	26,5 ± 0,5	32,1 ± 1,2	31,5 ± 0,8	23,1 ± 1,3
	-4°C v	45,3 ± 0,6	40,7 ± 2,0	41,9 ± 1,3	45,6 ± 4,8	46,0 ± 4,8	37,4 ± 8,2
	e						
	t		26,6 ± 1,1	29,0 ± 0,9	32,8 ± 1,6	30,0 ± 2,7	22,5 ± 0,3
-6°C v		43,6 ± 1,0	40,5 ± 0,7	37,5 ± 1,3	41,2 ± 3,8	41,3 ± 3,3	40,0 ± 2,6
	e	45,7 ± 0,9					
t		28,1 ± 2,7	28,3 ± 1,8	31,6 ± 1,6	31,6 ± 2,0	23,3 ± 0,3	
-8°C v		41,7 ± 3,0	40,8 ± 0,6	35,0 ± 2,5	40,8 ± 3,9	38,7 ± 2,6	40,0 ± 2,0
	e	45,0 ± 3,8				55,9 ± 11,5	
t		32,2 ± 4,8	27,8 ± 1,3	33,8 ± 1,5	30,3 ± 1,4	23,0 ± 0,6	
Mittel <sup>(a)</sup> v		44,1 ± 2,0	40,6 ± 1,2	38,2 ± 3,0	44,5 ± 5,1	41,5 ± 4,2	41,2 ± 6,0
	e	45,3 ± 2,6				55,9 ± 11,5	
t		27,7 ± 4,2	27,9 ± 1,4	32,6 ± 1,5	30,9 ± 1,9	23,0 ± 0,7	
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	KOND v		B	B	B	B	B
	e		A	A	A	A	A
	t						
	-4°C v		B	B	B	B	B
	e		A	A	A	A	A
	t						
-6°C v		A	B	B	B	B	B
	e	B					
t		A	A	A	A	A	
-8°C v		A	B	B	B	B	B
	e	A				B	
t		A	A	A	A	A	
Mittel <sup>(a)</sup> v		A	B	B	B	B	B
	e	A				B	
t		A	A	A	A	A	

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung,

a = Mittel aller Behandlungen einschließlich der nicht im FHT gestressten Eicheln, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Schnitttestboniturklassen potentiell vital (v), erfroren (e) und vertrocknet (t) sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.

Tab. 60: **Gesamtzucker**gehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SCS</sub>**, 1997 / 1998.

		Prüftermin						
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98	
		Konditionierungsdauer [d]						
		30	69	111	153	188	245	
		SC [d]		SC-S [d]				
		30	69	42	84	119	176	
Gesamtzucker [mg/g ETS]	KOND	v e t	108,4 ± 4,3	129,0 ± 10,6	154,1 ± 3,0	142,4 ± 15,2	125,7 ± 14,0	124,2 ± 16,6
	-4°C	v e t	142,4 ± 9,0	133,0 ± 7,5	165,9 ± 12,3	162,5 ± 18,0	139,2 ± 8,0	133,7 ± 26,6
	-6°C	v e t	141,6 ± 25,2 92,5 ± 4,2	131,8 ± 6,4	168,0 ± 10,0	153,9 ± 10,8	144,3 ± 10,9	131,8 ± 17,5
	-8°C	v e t	122,7 ± 14,3 100,5 ± 3,4	154,2 ± 8,3	161,7 ± 4,1	162,5 ± 13,7	142,4 ± 6,2 158,9 ± 32,9	134,5 ± 32,9
vital vs. erfroren vs. vertrocknet	KOND	v e t		A	B	A	A	A
	-4°C	v e t		B	B	B	B	A
	-6°C	v e t	B A	B	B	B	B	B
	-8°C	v e t	B A	B	B	B	B A A	A A

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Schnitttestboniturklassen potentiell vital (**v**), erfroren (**e**) und vertrocknet (**t**) sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.

Tab. 61: **Glucosegehalt** in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SCS</sub>**, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 98

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
		<b>SC [d]</b>		<b>SC-S [d]</b>			
		30	69	42	84	119	176
<b>Glucose [mg/g ETS]</b>	KOND v	51,4 ± 2,1	58,1 ± 4,8	37,8 ± 7,8	44,4 ± 5,3	43,9 ± 9,2	45,2 ± 2,9
	e		23,2 ± 8,2	41,8 ± 4,0	56,3 ± 4,0	54,3 ± 1,5	33,0 ± 5,2
	t						
	-4°C v	68,6 ± 5,4	56,8 ± 1,9	64,4 ± 10,1	38,3 ± 8,5	47,9 ± 6,8	49,2 ± 10,9
	e		26,5 ± 2,3	48,3 ± 1,8	55,4 ± 1,1	51,4 ± 5,2	32,6 ± 7,8
	t						
	-6°C v	55,8 ± 2,9	55,8 ± 1,9	51,5 ± 13,2	36,8 ± 4,7	43,1 ± 11,5	44,2 ± 8,2
	e	41,1 ± 6,2					
	t		33,4 ± 8,8	50,2 ± 3,3	54,4 ± 1,1	52,5 ± 1,9	35,6 ± 5,1
	-8°C v	42,3 ± 15,1	65,0 ± 2,1	36,3 ± 9,0	33,7 ± 9,1	44,2 ± 6,6	40,4 ± 9,0
	e	46,6 ± 0,9				59,2 ± 10,2	
	t		49,8 ± 8,9	49,5 ± 0,3	57,2 ± 2,0	47,4 ± 4,3	38,3 ± 4,4
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	KOND v		B	A	A	A	B
	e		A	A	B	A	A
	t						
	-4°C v		B	A	A	A	A
	e		A	A	B	A	A
	t						
	-6°C v	B	B	A	A	A	A
	e	A	A	A	A	A	A
	t						
	-8°C v	A	B	A	A	A	A
	e	A	A	A	B	A	A
	t						

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Schnitttestboniturklassen potentiell vital (v), erfroren (e) und vertrocknet (t) sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.

Tab. 62: **Fructosegehalt** in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SCS</sub>**, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 98

		<b>Prüftermin</b>						
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>						
		30	69	111	153	188	245	
		<b>SC [d]</b>		<b>SC-S [d]</b>				
		30	69	42	84	119	176	
<b>Fructose [mg/g ETS]</b>	KOND	v	55,4 ± 2,2	64,0 ± 5,7	44,5 ± 9,3	58,2 ± 3,9	52,5 ± 10,1	52,7 ± 3,5
		e		25,7 ± 10,0	46,4 ± 4,4	62,7 ± 3,8	57,3 ± 1,1	36,1 ± 6,0
	-4°C	v	71,9 ± 5,2	63,1 ± 2,2	75,1 ± 10,0	45,9 ± 10,7	59,8 ± 8,3	56,3 ± 11,4
		e		29,2 ± 1,8	52,9 ± 1,0	60,8 ± 2,0	55,8 ± 5,1	35,6 ± 8,6
-6°C	v	59,9 ± 1,1	61,2 ± 2,0	44,6 ± 32,0	43,6 ± 7,1	50,3 ± 12,6	49,7 ± 9,4	
	e	44,4 ± 5,8	36,7 ± 9,6	55,4 ± 3,6	60,1 ± 1,0	57,2 ± 2,8	39,1 ± 5,5	
-8°C	v	47,0 ± 15,1	69,6 ± 2,4	43,2 ± 9,4	39,9 ± 11,3	50,1 ± 7,6	45,4 ± 10,4	
	e	51,1 ± 1,8	53,5 ± 9,2	55,0 ± 0,6	62,2 ± 1,4	82,8 ± 26,7 51,8 ± 4,6	41,7 ± 5,4	
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	KOND	v		B	A	A	A	B
		e		A	A	A	A	A
	-4°C	v		B	B	A	A	A
		e		A	A	B	A	A
-6°C	v	B	B	A	A	A	A	
	e	A	A	A	A	A	A	
-8°C	v	A	B	A	A	A	A	
	e	A	A	A	B	AB	A	

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Schnitttestboniturklassen potentiell vital (**v**), erfroren (**e**) und vertrocknet (**t**) sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.

Tab. 63: **Saccharosegehalt** in der Embryonentrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SCS</sub>**, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 98, 151

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
		<b>SC [d]</b>		<b>SC-S [d]</b>			
		30	69	42	84	119	176
<b>Saccharose [mg/g ETS]</b>	KOND v	1,5 ± 0,8	6,9 ± 4,4	71,8 ± 19,0	39,8 ± 11,2	29,2 ± 14,4	26,3 ± 10,3
	e		61,2 ± 15,5	45,9 ± 5,8	7,7 ± 5,0	11,0 ± 5,1	22,9 ± 2,2
	t						
<b>Saccharose [mg/g ETS]</b>	-4°C v	2,4 ± 2,7	13,1 ± 9,4	26,3 ± 11,2	78,4 ± 11,7	31,5 ± 7,0	28,3 ± 4,9
	e		48,6 ± 5,1	31,2 ± 7,4	10,6 ± 6,7	15,9 ± 2,6	17,3 ± 7,8
	t						
<b>Saccharose [mg/g ETS]</b>	-6°C v	25,9 ± 28,4	14,8 ± 7,5	57,1 ± 32,2	73,5 ± 3,1	51,0 ± 22,9	37,9 ± 3,7
	e	7,0 ± 8,0	42,9 ± 15,8	31,0 ± 10,7	9,3 ± 7,9	13,8 ± 7,8	17,8 ± 7,8
	t						
<b>Saccharose [mg/g ETS]</b>	-8°C v	33,5 ± 19,1	19,6 ± 10,0	82,2 ± 20,7	88,9 ± 15,8	48,1 ± 18,9	48,7 ± 13,5
	e	2,8 ± 1,5	32,1 ± 11,8	22,7 ± 3,2	8,3 ± 2,2	16,9 ± 5,1	17,2 ± 3,7
	t					28,6 ± 11,2	
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	KOND v		A	A	B	A	A
	e		B	A	A	A	A
	t		A	A	B	B	A
			B	A	A	A	A
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	-4°C v		A	A	B	B	A
	e		B	A	A	A	A
	t		A	A	B	B	B
			B	A	A	A	A
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	-6°C v	A	A	A	B	B	B
	e	A	B	A	A	A	A
	t						
<b>vital vs. erfroren vs. vertrocknet</b>	-8°C v	A	A	B	B	B	B
	e	A	A	A	A	A	A
	t						
						AB	A

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Schnitttestboniturklassen potentiell vital (**v**), erfroren (**e**) und vertrocknet (**t**) sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird.

Tab. 64: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede des **Embryonenwassergehaltes** der Frischsubstanz und des **Gesamtzuckergehaltes** der Embryonetrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SCS</sub>** vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998.

Zurück zu S. 83, 88

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
		<b>SC [d]</b>		<b>SC-S [d]</b>			
		30	69	42	84	119	176
<b>Wasser</b> [%EFS]	KOND	45,3 ± 0,8	40,5 ± 1,9	38,6 ± 1,7	49,5 ± 3,0	40,0 ± 2,8	49,4 ± 1,2
	-4°C	45,3 ± 0,6	40,7 ± 2,0	41,9 ± 1,3	45,6 ± 4,8	46,0 ± 4,8	37,4 ± 8,2
	-6°C	43,6 ± 1,0	40,5 ± 0,7	37,5 ± 1,3	41,2 ± 3,8	41,3 ± 3,3	40,0 ± 2,6
	-8°C	41,7 ± 3,0	40,8 ± 0,6	35,0 ± 2,5	40,8 ± 3,9	38,7 ± 2,6	40,0 ± 2,0
<b>Behandlung</b>	KOND	B	A	AB	B	A	B
	-4°C	B	A	B	AB	A	A
	-6°C	AB	A	AB	AB	A	AB
	-8°C	A	A	A	A	A	AB
<b>Zeit</b>	KOND	A	B	B	C	D	E
	-4°C	A	A	A	—————>	A	A
	-6°C	A	B	C	—————>	C	C
	-8°C	A	A	B	B	—————>	B
<b>Zucker</b> [mg/g ETS]	KOND	108,4 ± 4,3	129,0 ± 10,6	154,1 ± 3,0	142,4 ± 15,2	125,7 ± 14,0	124,2 ± 16,6
	-4°C	142,4 ± 9,0	133,0 ± 7,5	165,9 ± 12,3	162,5 ± 18,0	139,2 ± 8,0	133,7 ± 26,6
	-6°C	141,6 ± 25,2	131,8 ± 6,4	168,0 ± 10,0	153,9 ± 10,8	144,3 ± 10,9	131,8 ± 17,5
	-8°C	122,7 ± 14,3	154,2 ± 8,3	161,7 ± 4,1	162,5 ± 13,7	142,4 ± 6,2	134,5 ± 32,9
<b>Behandlung</b>	KOND	A	A	A	A	A	A
	-4°C	B	A	A	A	A	A
	-6°C	B	A	A	A	A	A
	-8°C	AB	B	A	A	A	A
<b>Zeit</b>	KOND	A	B	C	—————>	D	
	-4°C	A	A	B	—————>	C	C
	-6°C	A	A	B	—————>	C	C
	-8°C	A	B	B	B	—————>	B

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Tab. 65: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede des **Glucosegehaltes** und des **Fructosegehaltes** der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SCS</sub>** vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998.

Zurück zu S. 88, 94

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
		<b>SC [d]</b>		<b>SC-S [d]</b>			
		30	69	42	84	119	176
<b>Glucose</b> [mg/g ETS]	KOND	51,4 ± 2,1	58,1 ± 4,8	37,8 ± 7,8	44,4 ± 5,3	43,9 ± 9,2	45,2 ± 2,9
	-4°C	68,6 ± 5,4	56,8 ± 1,9	64,4 ± 10,1	38,3 ± 8,5	47,9 ± 6,8	49,2 ± 10,9
	-6°C	55,8 ± 2,9	55,8 ± 1,9	51,5 ± 13,2	36,8 ± 4,7	43,1 ± 11,5	44,2 ± 8,2
	-8°C	42,3 ± 15,1	65,0 ± 2,1	36,3 ± 9,0	33,7 ± 9,1	44,2 ± 6,6	40,4 ± 9,0
<b>Behandlung</b>	KOND	A	A	AB	A	A	A
	-4°C	B	A	B	A	A	A
	-6°C	AB	A	AB	A	A	A
	-8°C	B	B	A	A	A	A
<b>Zeit</b>	KOND	A	B	C	—————▶		C
	-4°C	A	B	B	C	—————▶	C
	-6°C	A	A	—————▶	B	—————▶	B
	-8°C	A	A	B	B	—————▶	B
<b>Fructose</b> [mg/g ETS]	KOND	55,4 ± 2,2	64,0 ± 5,7	44,5 ± 9,3	58,2 ± 3,9	52,5 ± 10,1	52,7 ± 3,5
	-4°C	71,9 ± 5,2	63,1 ± 2,2	75,1 ± 10,0	45,9 ± 10,7	59,8 ± 8,3	56,3 ± 11,4
	-6°C	59,9 ± 1,1	61,2 ± 2,0	44,6 ± 32,0	43,6 ± 7,1	50,3 ± 12,6	49,7 ± 9,4
	-8°C	47,0 ± 15,1	69,6 ± 2,4	43,2 ± 9,4	39,9 ± 11,3	50,1 ± 7,6	45,4 ± 10,4
<b>Behandlung</b>	KOND	A	AB	A	A	A	A
	-4°C	B	AB	B	A	A	A
	-6°C	AB	A	AB	A	A	A
	-8°C	A	B	A	A	A	A
<b>Zeit</b>	KOND	A	B	C	C	—————▶	C
	-4°C	A	B	B	C	—————▶	C
	-6°C	A	A	A	—————▶	—————▶	A
	-8°C	A	A	B	—————▶	—————▶	B

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.



Tab. 66: Statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede des **Saccharosegehaltes** in der Embryontrockensubstanz potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Quickborn' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SCS</sub>** vor und nach Prüfung im FHT (Behandlung) sowie im Verlauf der Konditionierungsdauer (Zeit), 1997 / 1998.

Zurück zu S. 94

		<b>Prüftermin</b>					
		13.11.97	22.12.97	02.02.98	16.03.98	20.04.98	16.06.98
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		30	69	111	153	188	245
		<b>SC [d]</b>		<b>SC-S [d]</b>			
		30	69	42	84	119	176
<b>Saccharose</b> [mg/g ETS]	KOND	1,5 ± 0,8	6,9 ± 4,4	71,8 ± 19,0	39,8 ± 11,2	29,2 ± 14,4	26,3 ± 10,3
	-4°C	2,4 ± 2,7	13,1 ± 9,4	26,3 ± 11,2	78,4 ± 11,7	31,5 ± 7,0	28,3 ± 4,9
	-6°C	25,9 ± 28,4	14,8 ± 7,5	57,1 ± 32,2	73,5 ± 3,1	51,0 ± 22,9	37,9 ± 3,7
	-8°C	33,5 ± 19,1	19,6 ± 10,0	82,2 ± 20,7	88,9 ± 15,8	48,1 ± 18,9	48,7 ± 13,5
<b>Behandlung</b>	KOND	A	A	A	A	A	A
	-4°C	A	A	A	B	A	A
	-6°C	A	A	A	B	A	AB
	-8°C	A	A	A	B	A	B
<b>Zeit</b>	KOND	A	A	B	→		C
	-4°C	A	A	B	B	C	C
	-6°C	A	A	B	B	→	C
	-8°C	A	A	B	B	C	C

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

## 6.2. Anhang 2: Versuchsjahr 1996 / 1997

Tab. 67: Ergebnisse der **Schnitttestbonitur** an Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>sw</sub> Variante 1**, Darstellung und statistische Bewertung der Entwicklung der potentiellen Vitalität im Verlauf der Konditionierung sowie der Unterschiede zwischen den Eicheln unterschiedlicher Behandlungen, Angaben zur Stichprobengröße je Termin und Behandlung, 1996 / 1997.

Zurück zu S. 142

		Prüftermin						
		04.11.96	02.12.96	30.12.96	27.01.96	24.02.96	24.03.96	21.04.96
		Konditionierungsdauer [d]						
		13	41	69	97	125	153	181
Vitalität S% <sub>kor.</sub>	KOND	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0
	-4°C	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	92 ± 15	96 ± 8	100 ± 0	100 ± 0
	-6°C	57 ± 23	97 ± 3	100 ± 0	100 ± 0	71 ± 12	86 ± 10	95 ± 8
	-8°C	8 ± 9	42 ± 15	65 ± 10	95 ± 3	45 ± 13	42 ± 16	47 ± 32
Zeit	KOND	A	A	A	A	A	A	A
	-4°C	A	A	A	B	B	B	B
	-6°C	A	B	B	B	C	D	E
	-8°C	A	B	C	D	E	E	E
Behandlung	KOND	C	B	B	B	C	C	C
	-4°C	C	B	B	A	C	C	BC
	-6°C	B	B	B	B	B	B	B
	-8°C	A	A	A	A	A	A	A
n je Behandlung	KOND	220	106	108	116	104	97	97
	-4°C	111	112	114	109	102	90	83
	-6°C	114	110	118	112	108	96	87
	-8°C	116	108	116	118	100	94	92

$\chi^2$ -Test, Fisher's Exact Test zweiseitig,  $p \leq 0,05$ ,  
arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung,  
signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird,  
bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Tab. 68: Ergebnisse der **Schnitttestbonitur** an Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>sw</sub> Variante 2**, Darstellung und statistische Bewertung der Entwicklung der potentiellen Vitalität im Verlauf der Konditionierung sowie der Unterschiede zwischen den Eicheln unterschiedlicher Behandlungen, Angaben zur Stichprobengröße je Termin und Behandlung, 1996 / 1997.

Zurück zu S. 142

		<b>Prüftermin</b>						
		04.11.96	02.12.96	30.12.96	27.01.96	24.02.96	24.03.96	21.04.96
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>						
		13	41	69	97	125	153	181
<b>Vitalität</b> S% <sub>kor.</sub>	KOND	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0
	-4°C	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0
	-6°C	57 ± 23	93 ± 6	98 ± 3	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0
	-8°C	8 ± 9	29 ± 5	81 ± 22	88 ± 5	80 ± 10	79 ± 11	77 ± 8
<b>Zeit</b>	KOND	A	A	A	A	A	A	A
	-4°C	A	A	A	A	A	A	A
	-6°C	A	B	B	B	B	B	B
	-8°C	A	B	C	C	C	C	C
<b>Behandlung</b>	KOND	C	C	B	B	B	B	B
	-4°C	C	C	B	B	B	B	B
	-6°C	B	B	B	B	B	B	B
	-8°C	A	A	A	A	A	A	A
<b>n</b> je Behandlung	KOND	220	102	112	114	99	89	96
	-4°C	111	111	119	108	100	92	89
	-6°C	114	110	112	116	100	92	90
	-8°C	116	97	114	111	97	95	97

$\chi^2$ -Test, Fisher's Exact Test zweiseitig,  $p \leq 0,05$ ,  
arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung,  
signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird,  
bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Tab. 69: Ergebnisse der **Schnitttestbonitur** an Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>sw</sub> Variante 3**, Darstellung und statistische Bewertung der Entwicklung der potentiellen Vitalität im Verlauf der Konditionierung sowie der Unterschiede zwischen den Eicheln unterschiedlicher Behandlungen, Angaben zur Stichprobengröße je Termin und Behandlung, 1996 / 1997.

Zurück zu S. 142

		<b>Prüftermin</b>						
		04.11.96	02.12.96	30.12.96	27.01.96	24.02.96	24.03.96	21.04.96
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>						
		13	41	69	97	125	153	181
<b>Vitalität</b>	KOND	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	88 ± 6	91 ± 10	100 ± 0
	-4°C	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0	99 ± 2	93 ± 4	88 ± 7	100 ± 0
	-6°C	57 ± 23	79 ± 8	87 ± 12	72 ± 19	9 ± 7	32 ± 23	38 ± 32
	-8°C	8 ± 9	15 ± 7	25 ± 12	32 ± 17	1 ± 2	13 ± 15	6 ± 10
<b>Zeit</b>	KOND	A	A	A	A	B	B	C
	-4°C	A	A	A	A	B	B	C
	-6°C	A	B	B	C	D	E	E
	-8°C	A	A	A	A	B	C	C
<b>Behandlung</b>	KOND	C	C	D	C	C	C	C
	-4°C	C	C	CD	C	C	C	C
	-6°C	B	B	BD	B	B	B	B
	-8°C	A	A	A	A	A	A	A
<b>n</b> je Behandlung	KOND	220	107	113	99	100	86	88
	-4°C	111	109	110	100	99	91	99
	-6°C	114	102	102	107	102	89	97
	-8°C	116	99	106	98	107	99	105

$\chi^2$ -Test, Fisher's Exact Test zweiseitig,  $p \leq 0,05$ ,  
arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung,  
signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird,  
bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Tab. 70: **Keimtestergebnisse [K%]** bei Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>sw</sub> Varianten 1, 2 und 3**, Ergebnisse der Konditionierungskontrollen und der FHTs im Verlauf der Konditionierungslagerung, 1996 / 1997.

Zurück zu S. 101

		<b>Prüftermin</b>						
		04.11.96	02.12.96	30.12.96	27.01.96	24.02.96	24.03.96	21.04.96
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>						
		13	41	69	97	125	153	181
<b>Variante 1</b>	KOND	69 ± 12	67 ± 8	19 ± 15	31 ± 17	14 ± 10	12 ± 10	4 ± 3
	-4°C	61 ± 13	47 ± 12	9 ± 4	11 ± 14	22 ± 4	5 ± 6	1 ± 1
	-6°C	28 ± 13	40 ± 5	24 ± 9	3 ± 4	9 ± 9	3 ± 4	2 ± 3
	-8°C	3 ± 7	6 ± 8	18 ± 5	3 ± 3	1 ± 2	1 ± 2	0 ± 0
<b>Variante 2</b>	KOND	69 ± 12	69 ± 11	35 ± 10	32 ± 15	5 ± 2	0 ± 0	0 ± 0
	-4°C	61 ± 13	39 ± 9	18 ± 10	6 ± 3	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
	-6°C	28 ± 13	33 ± 9	24 ± 10	8 ± 6	1 ± 2	0 ± 0	0 ± 0
	-8°C	3 ± 7	12 ± 6	10 ± 5	6 ± 2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
<b>Variante 3</b>	KOND	69 ± 12	73 ± 5	47 ± 20	49 ± 23	14 ± 12	7 ± 7	8 ± 7
	-4°C	61 ± 13	51 ± 11	40 ± 8	20 ± 13	16 ± 9	7 ± 6	7 ± 5
	-6°C	28 ± 13	28 ± 13	26 ± 11	2 ± 2	0 ± 0	11 ± 8	1 ± 2
	-8°C	3 ± 7	3 ± 2	3 ± 4	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 2	0 ± 0

Arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, n = 100.

Tab. 71: **Stichprobenumfang n** für Laboranalysen zur Bestimmung der Wassergehalte in der Embryonenfrischsubstanz und zur Bestimmung der Gehalte von Glucose, Fructose, Saccharose und Stärke in der Embryonentrockensubstanz von potentiell vitalen (v) und erfrorenen (e) Eicheln der Herkunft *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der KONDSW in drei unterschiedlichen Varianten der Klimaführung, 1996 / 1997.

		Prüftermin						
		04.11.96	02.12.96	30.12.96	27.01.97	24.02.97	24.03.97	21.04.97
		Konditionierungsdauer [d]						
		13	41*	69	97	125	153	181*
Variante 1	KOND v	4	4	4	4	4	4	3
	KOND e							
	-4°C v	4	4	4	4	4	4	3
	-4°C e				1	1		
Variante 2	-6°C v	4	4	4	4	4	4	3
	-6°C e	4	2			4	3	1
	-8°C v	3	4	4	4	4	4	3
	-8°C e	4	4	4	4	4	4	3
Variante 3	KOND v	4	4	4	4	4	4	3
	KOND e							
	-4°C v	4	4	4	4	4	4	3
	-4°C e				1	4	4	
Variante 3	-6°C v	4	4	4	4	4	4	3
	-6°C e	4	4	4	4	4	4	3
	-8°C v	3	4	4	4	1	3	1
	-8°C e	4	4	4	4	4	4	3

\* : nur Bestimmung des Embryonenwassergehaltes

Tab. 72: Vergleich des **Embryonenwassergehaltes** in konditionierten und frosthärtegeprüften Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus drei Konditionierungsvarianten, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen den Konditionierungsvarianten, 1996 / 1997.

		Prüftermin							
		04.11.96	30.12.96	27.01.97	24.02.97	24.03.97	24.02.97	24.03.97	
		Konditionierungsdauer [d]							
		13	69	97	125	153	125	153	
Kotyledonenwassergehalt [% EFS]	KOND	1		41,3 ± 0,8	39,6 ± 0,2	39,7 ± 1,4	40,4 ± 0,4	39,8 ± 1,4	39,5 ± 0,4
		2	41,9 ± 0,7	42,9 ± 1,2	40,7 ± 0,7	40,0 ± 0,6	39,0 ± 0,3	38,4 ± 0,4	37,2 ± 0,3
		3		43,1 ± 1,0	42,4 ± 1,1	41,9 ± 2,0	43,0 ± 0,7	43,6 ± 0,6	44,4 ± 1,4
	-4°C	1		42,0 ± 0,3	40,5 ± 0,3	39,2 ± 0,8	41,1 ± 0,9	39,9 ± 0,9	41,2 ± 0,9
		2	41,9 ± 0,7	42,9 ± 1,2	40,5 ± 0,6	39,0 ± 1,3	38,6 ± 0,8	38,1 ± 0,6	38,5 ± 0,9
		3		43,8 ± 1,1	42,5 ± 1,3	42,0 ± 1,1	43,5 ± 1,2	43,6 ± 1,0	43,4 ± 1,6
	-6°C	1		42,3 ± 0,5	41,0 ± 1,1	39,0 ± 1,2	40,2 ± 0,9	40,0 ± 1,2	40,6 ± 0,0
		2	41,1 ± 0,8	42,4 ± 0,6	40,8 ± 1,0	38,7 ± 1,4	39,0 ± 0,9	38,2 ± 0,5	38,3 ± 1,6
		3		42,8 ± 0,9	43,0 ± 1,0	42,1 ± 0,6	32,2 ± 21,5	44,2 ± 1,9	43,6 ± 0,9
	-8°C	1		41,0 ± 0,7	40,6 ± 0,4	38,5 ± 0,6	39,8 ± 1,1	40,6 ± 1,3	39,4 ± 1,9
		2	39,9 ± 1,3	41,6 ± 1,0	40,3 ± 0,9	39,7 ± 0,7	39,3 ± 0,8	38,6 ± 0,8	37,6 ± 0,4
		3		40,8 ± 2,1	42,9 ± 2,1	40,5 ± 1,0	40,9	40,9 ± 0,6	41,6
Var.1 vs. Var.2 vs. Var.3	KOND	1		A	A	A	B	A	B
		2		AB	A	A	A	A	A
		3		B	B	A	C	B	C
	-4°C	1		A	A	A	B	B	AB
		2		AB	A	A	A	A	A
		3		B	B	B	C	C	B
	-6°C	1		A	AB	A	A	AB	A
		2		A	A	A	A	A	A
		3		A	B	B	B	B	B
	-8°C	1		A	A	A	A	AB	A
		2		A	A	AB	A	A	A
		3		A	A	B	A	B	

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen Varianten sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, die Daten des erste Prüftermins repräsentieren die Ausgangspopulation.

Tab. 73: Vergleich des **Gesamtzucker**gehaltes in konditionierten und frosthärtegeprüften Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus drei Konditionierungsvarianten, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen den Konditionierungsvarianten, 1996 / 1997.

Zurück zu S. 115

		<b>Prüftermin</b>					
		04.11.96	30.12.96	27.01.97	24.02.97	24.03.97	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		13	69	97	125	153	
<b>Gesamtzucker [mg/g ETS]</b>	<b>KOND</b>	1	120,6 ± 5,6	107,9 ± 6,1	95,6 ± 5,0	89,9 ± 5,4	
		2	126,4 ± 4,5	149,0 ± 13,1	139,9 ± 2,6	138,6 ± 6,2	130,4 ± 5,6
		3	118,8 ± 2,0	115,0 ± 5,2	107,5 ± 2,6	95,9 ± 4,6	
	<b>-4°C</b>	1	160,1 ± 2,3	144,8 ± 11,8	118,2 ± 2,6	94,6 ± 7,5	
		2	172,5 ± 12,7	169,0 ± 13,7	149,6 ± 3,4	137,5 ± 9,2	131,0 ± 8,7
		3	150,6 ± 4,4	142,1 ± 9,9	105,9 ± 1,9	107,7 ± 6,8	
	<b>-6°C</b>	1	148,1 ± 6,6	135,6 ± 12,8	120,6 ± 9,9	123,6 ± 1,1	
		2	167,9 ± 10,4	174,6 ± 8,1	156,6 ± 11,2	151,6 ± 4,7	150,8 ± 19,1
		3	145,7 ± 2,6	146,1 ± 9,7	130,6 ± 15,2	118,4 ± 3,8	
	<b>-8°C</b>	1	134,0 ± 2,4	126,5 ± 6,4	110,6 ± 6,1	112,2 ± 13,5	
		2	156,9 ± 8,6	163,0 ± 9,7	157,8 ± 10,3	144,7 ± 7,5	133,2 ± 4,9
		3	134,6 ± 11,0	130,7 ± 2,6	120,7	116,8 ± 6,8	
<b>Var.1 vs. Var.2 vs. Var.3</b>	<b>KOND</b>	1	A	A	A	A	
		2	B	B	C	B	
		3	A	A	B	A	
	<b>-4°C</b>	1	AB	A	B	A	
		2	B	A	C	B	
		3	AB	A	A	A	
	<b>-6°C</b>	1	A	A	A	A	
		2	B	A	B	B	
		3	A	A	AB	A	
	<b>-8°C</b>	1	A	A	A	A	
		2	B	B	B	B	
		3	A	A		AB	

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen Varianten sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, die Daten des erste Prüftermins repräsentieren die Ausgangspopulation.



Tab. 74: Vergleich des **Glucosegehaltes** in konditionierten und frosthärtegeprüften Eichen von *Quercus robur* 'Elmstein' aus drei Konditionierungsvarianten, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen den Konditionierungsvarianten, 1996 / 1997.

		<b>Prüftermin</b>				
		04.11.96	30.12.96	27.01.97	24.02.97	24.03.97
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>				
		13	69	97	125	153
<b>Glucose [mg/g ETS]</b>	<b>KOND</b>	1	44,4 ± 1,8	42,8 ± 4,5	33,1 ± 3,0	32,1 ± 2,2
		2	56,5 ± 2,6	55,4 ± 7,0	46,6 ± 4,1	39,8 ± 5,6
		3	45,7 ± 1,6	46,5 ± 6,9	40,3 ± 1,7	36,1 ± 3,5
	<b>-4°C</b>	1	59,3 ± 5,7	65,0 ± 4,4	54,2 ± 0,7	42,1 ± 2,8
		2	67,8 ± 2,3	63,2 ± 6,4	69,7 ± 2,5	63,1 ± 2,2
		3	68,3 ± 2,2	66,3 ± 3,9	48,7 ± 1,5	45,1 ± 2,9
	<b>-6°C</b>	1	58,1 ± 1,4	62,6 ± 5,2	56,8 ± 3,6	54,1 ± 1,8
		2	47,5 ± 4,0	62,8 ± 2,0	71,9 ± 4,2	68,4 ± 2,8
		3	67,3 ± 1,1	66,1 ± 4,0	41,0 ± 15,4	43,2 ± 6,7
	<b>-8°C</b>	1	43,9 ± 5,2	59,7 ± 3,2	50,0 ± 2,9	46,6 ± 5,2
		2	26,0 ± 3,2	55,8 ± 5,0	62,4 ± 15,3	69,6 ± 4,1
		3	56,5 ± 8,5	53,1 ± 3,5	15,3	33,7 ± 10,5
<b>Var.1 vs. Var.2 vs. Var.3</b>	<b>KOND</b>	1	A	A	A	A
		2	B	B	C	A
		3	A	AB	B	A
	<b>-4°C</b>	1	A	A	B	A
		2	A	A	C	B
		3	A	A	A	A
	<b>-6°C</b>	1	A	A	AB	B
		2	B	B	B	B
		3	C	AB	A	A
	<b>-8°C</b>	1	A	A	A	AB
		2	A	A	B	B
		3	A	A		A

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen Varianten sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, die Daten des erste Prüftermins repräsentieren die Ausgangspopulation.

Tab. 75: Vergleich des **Fructosegehaltes** in konditionierten und frosthärtegeprüften Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus drei Konditionierungsvarianten, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen den Konditionierungsvarianten, 1996 / 1997.

		<b>Prüftermin</b>					
		04.11.96	30.12.96	27.01.97	24.02.97	24.03.97	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		13	69	97	125	153	
<b>Fructose [mg/g ETS]</b>	<b>KOND</b>	1	48,3 ± 1,4	45,3 ± 6,0	37,7 ± 2,4	38,9 ± 2,1	
		2	59,0 ± 1,8	56,8 ± 5,7	62,1 ± 4,9	52,4 ± 4,0	47,0 ± 5,7
		3	52,0 ± 1,6	51,2 ± 6,5	46,2 ± 1,4	42,2 ± 3,7	
	<b>-4°C</b>	1	62,1 ± 5,7	66,1 ± 3,5	59,5 ± 2,5	48,3 ± 4,0	
		2	67,5 ± 3,8	65,4 ± 5,6	76,1 ± 2,8	68,2 ± 2,1	63,2 ± 4,3
		3	74,8 ± 3,0	72,8 ± 4,3	53,6 ± 2,4	58,2 ± 7,7	
	<b>-6°C</b>	1	60,0 ± 2,5	67,6 ± 5,8	60,2 ± 5,7	59,6 ± 1,8	
		2	46,2 ± 5,0	66,6 ± 1,7	77,3 ± 4,0	74,5 ± 3,8	70,1 ± 3,5
		3	72,5 ± 1,5	74,4 ± 5,7	46,7 ± 16,0	51,5 ± 7,9	
	<b>-8°C</b>	1	46,6 ± 6,6	64,8 ± 3,1	54,9 ± 2,7	51,9 ± 4,8	
		2	26,9 ± 2,8	59,2 ± 3,8	68,9 ± 15,3	70,8 ± 3,9	65,1 ± 3,5
		3	62,2 ± 7,2	58,8 ± 4,1	20,2	41,4 ± 11,1	
<b>Var.1 vs. Var.2 vs. Var.3</b>	<b>KOND</b>	1	A	A	A	A	
		2	B	B	C	A	
		3	AB	AB	B	A	
	<b>-4°C</b>	1	A	A	B	A	
		2	AB	B	C	B	
		3	B	AB	A	AB	
	<b>-6°C</b>	1	A	A	AB	A	
		2	B	A	B	B	
		3	C	A	A	A	
	<b>-8°C</b>	1	A	A	A	AB	
		2	B	A	B	B	
		3	B	A		A	

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen Varianten sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, die Daten des erste Prüftermins repräsentieren die Ausgangspopulation.

Tab. 76: Vergleich des **Saccharosegehaltes** in konditionierten und frosthärtegeprüften Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus drei Konditionierungsvarianten, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen den Konditionierungsvarianten, 1996 / 1997.

		<b>Prüftermin</b>					
		04.11.96	30.12.96	27.01.97	24.02.97	24.03.97	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		13	69	97	125	153	
Saccharose [mg/g ETS]	KOND	1		27,9 ± 7,8	19,7 ± 7,2	24,8 ± 8,9	19,0 ± 9,5
		2	10,9 ± 2,6	36,9 ± 3,1	20,2 ± 10,0	39,6 ± 14,0	43,6 ± 14,3
		3		21,1 ± 1,2	17,3 ± 10,8	21,1 ± 1,5	17,6 ± 2,6
	-4°C	1		38,7 ± 11,3	13,6 ± 10,7	4,4 ± 3,7	4,1 ± 1,0
		2	37,2 ± 18,3	40,4 ± 5,6	3,8 ± 3,3	6,1 ± 5,8	11,3 ± 8,7
		3		7,5 ± 4,3	3,1 ± 2,5	3,5 ± 2,8	4,4 ± 1,5
	-6°C	1		30,0 ± 8,4	5,4 ± 2,7	3,5 ± 1,9	9,9 ± 3,4
		2	74,1 ± 9,3	45,2 ± 10,4	7,3 ± 4,8	8,7 ± 3,3	19,3 ± 17,5
		3		5,8 ± 1,1	5,5 ± 1,7	42,9 ± 31,3	23,7 ± 16,0
	-8°C	1		43,5 ± 13,0	2,0 ± 0,6	5,8 ± 2,4	13,8 ± 4,5
		2	104,1 ± 2,6	48,1 ± 4,9	26,5 ± 36,7	4,3 ± 4,5	8,6 ± 4,5
		3		15,9 ± 6,3	18,8 ± 10,0	85,1	41,6 ± 26,5
Var.1 vs. Var.2 vs. Var.3	KOND	1		AB	A	A	A
		2		B	A	A	B
		3		A	A	A	A
	-4°C	1		B	A	A	A
		2		B	A	A	A
		3		A	A	A	A
	-6°C	1		B	A	A	A
		2		B	A	AB	A
		3		A	A	B	A
	-8°C	1		B	A	A	AB
		2		B	A	A	A
		3		A	A		B

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen Varianten sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, die Daten des erste Prüftermins repräsentieren die Ausgangspopulation.

Tab. 77: Vergleich des **Stärkegehaltes** in konditionierten und frosthärtegeprüften Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus drei Konditionierungsvarianten, 1996 / 1997.

		Prüftermin				
		04.11.96	30.12.96	27.01.97	24.02.97	24.03.97
		Konditionierungsdauer [d]				
		13	69	97	125	153
Stärke [mg/g ETS]	KOND	1	419,4 ± 25,0	422,6 ± 33,6	394,7 ± 16,5	431,3 ± 27,2
		2	376,3 ± 43,6	373,3 ± 4,9	385,4 ± 27,0	388,9 ± 9,9
		3	413,6 ± 2,5	421,5 ± 28,0	458,5 ± 14,4	
	-4°C	1	414,4 ± 16,6	364,2 ± 9,9	395,2 ± 36,9	457,5 ± 35,4
		2	361,7 ± 9,2	426,3 ± 35,0	394,2 ± 35,4	
		3	302,4 ± 44,8	415,2 ± 41,1	462,6 ± 53,3	416,4 ± 55,3
	-6°C	1	437,3 ± 11,5	418,9 ± 39,5	415,0 ± 36,6	407,3 ± 7,1
		2	355,9 ± 27,5	385,2 ± 6,9	388,7 ± 28,8	
		3	304,2	442,0 ± 11,7	353,3	450,1 ± 5,5
	-8°C	1	445,0 ± 19,8	439,9 ± 21,8	481,9 ± 4,2	492,6 ± 24,5
		2	407,0 ± 31,8	400,3 ± 8,0	390,1 ± 17,1	
		3	415,2 ± 52,3	465,7 ± 33,0	489,8	

Arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung,  
die Daten des erste Prüftermins repräsentieren die Ausgangspopulation.

Tab. 78: Beziehung der im Zellsaft gelösten Zucker zum Gehalt in der Embryonetrockensubstanz und dem Embryonenwassergehalt potentiell vitaler Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus den Konditionierungskontrollen und nach FHTs, 1996 / 1997.

Zurück zu S. 108

		Gesamtzucker [mmol / mol H <sub>2</sub> O] vs. [mg / g ETS]			
		KOND	-4°C	-6°C	-8°C
Variante 1	r	0,88	0,97	0,93	0,96
Variante 2	r	0,79	0,85	0,74	0,91
Variante 3	r	0,93	0,99	0,97	0,86
		Gesamtzucker [mmol / mol H <sub>2</sub> O] vs. Embryonenwassergehalt [%]			
		KOND	-4°C	-6°C	-8°C
Variante 1	r	-0,17	0,10	0,00	-0,57
Variante 2	r	-0,58	0,13	-0,25	0,07
Variante 3	r	-0,72	-0,71	-0,80	-0,61
		Glucose [mmol / mol H <sub>2</sub> O] vs. [mg / g ETS]			
		KOND	-4°C	-6°C	-8°C
Variante 1	r	0,95	0,95	0,93	0,98
Variante 2	r	0,95	0,74	0,95	0,99
Variante 3	r	0,97	0,98	0,98	0,98
		Glucose [mmol / mol H <sub>2</sub> O] vs. Embryonenwassergehalt [%]			
		KOND	-4°C	-6°C	-8°C
Variante 1	r	0,21	-0,05	-0,67	-0,54
Variante 2	r	0,49	-0,38	-0,70	-0,25
Variante 3	r	-0,47	-0,69	-0,31	0,28
		Fructose [mmol / mol H <sub>2</sub> O] vs. [mg / g ETS]			
		KOND	-4°C	-6°C	-8°C
Variante 1	r	0,92	0,92	0,95	0,98
Variante 2	r	0,89	0,80	0,97	0,99
Variante 3	r	0,94	0,96	0,98	0,97
		Fructose [mmol / mol H <sub>2</sub> O] vs. Embryonenwassergehalt [%]			
		KOND	-4°C	-6°C	-8°C
Variante 1	r	0,16	-0,19	-0,65	-0,50
Variante 2	r	0,22	-0,65	-0,75	-0,23
Variante 3	r	-0,50	-0,66	-0,17	0,30
		Saccharose [mmol / mol H <sub>2</sub> O] vs. [mg / g ETS]			
		KOND	-4°C	-6°C	-8°C
Variante 1	r	0,99	1,00	1,00	1,00
Variante 2	r	1,00	1,00	1,00	1,00
Variante 3	r	0,99	1,00	1,00	1,00
		Saccharose [mmol / mol H <sub>2</sub> O] vs. Embryonenwassergehalt [%]			
		KOND	-4°C	-6°C	-8°C
Variante 1	r	-0,59	0,26	0,42	0,06
Variante 2	r	-0,69	0,52	0,57	0,24
Variante 3	r	-0,40	-0,41	-0,42	-0,53

Tab. 79: **Embryonenwassergehalt** in der Frischsubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SW</sub> Variante 1**, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine, 1996 / 1997.

Zurück zu S. 106, 108

		Prüftermin						
		04.11.96	02.12.96	30.12.96	27.01.97	24.02.97	24.03.97	21.04.97
		Konditionierungsdauer [d]						
		13	41	69	97	125	153	181
Wasser [% EFS]	KOND v	41,9 ± 0,7	41,3 ± 0,8	39,6 ± 0,2	39,7 ± 1,4	40,4 ± 0,4	39,8 ± 1,4	39,5 ± 0,4
	KOND e							
	-4°C v	41,9 ± 0,7	42,0 ± 0,3	40,5 ± 0,3	39,2 ± 0,8	41,1 ± 0,9	39,9 ± 0,9	41,2 ± 0,9
	-4°C e				47,0	42,2		
Wasser [% EFS]	-6°C v	41,1 ± 0,8	42,3 ± 0,5	41,0 ± 1,1	39,0 ± 1,2	40,2 ± 0,9	40,0 ± 1,2	40,6
	-6°C e	42,3 ± 1,3	50,0 ± 11,8			42,1 ± 1,1	41,9 ± 1,1	42,8
	-8°C v	39,9 ± 1,3	41,0 ± 0,7	40,6 ± 0,4	38,5 ± 0,6	39,8 ± 1,1	40,6 ± 1,3	39,4 ± 1,9
	-8°C e	41,6 ± 0,9	42,0 ± 0,7	41,7 ± 1,0	41,5 ± 5,5	43,1 ± 0,5	41,1 ± 2,6	40,5 ± 2,7
vital vs. erfroren	KOND v							
	KOND e							
	-4°C v							
	-4°C e							
vital vs. erfroren	-6°C v	A	A			A	A	
	-6°C e	A	A			A	A	
	-8°C v	A	A	A	A	A	A	A
	-8°C e	A	A	A	A	B	A	A
Behandlung	KOND	A	AB	A	A	A	A	A
	-4°C	A	AB	A	A	A	A	A
	-6°C	A	B	A	A	A	A	A
	-8°C	A	A	A	A	A	A	A
Zeit	KOND	A	→					B
	-4°C	A	A	B	C	D	D	D
	-6°C	A	A	A	B	B	B	B
	-8°C	A	A	A	B	B	B	B

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen (v) und erfrorenen (e) Eicheln sowie zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Tab. 80: **Gesamtzucker**gehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SW</sub> Variante 1**, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997.

Zurück zu S. 115 oben, 115 unten

		<b>Prüftermin</b>					
		04.11.96	30.12.96	27.01.97	24.02.97	24.03.97	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		13	69	97	125	153	
<b>Gesamtzucker [mg/g ETS]</b>	KOND	v	126,4 ± 4,5	120,6 ± 5,6	107,9 ± 6,1	95,6 ± 5,0	89,9 ± 5,4
		e					
	-4°C	v	172,5 ± 12,7	160,1 ± 2,3	144,8 ± 11,8	118,2 ± 2,6	94,6 ± 7,5
		e			207,1	80,6	
	-6°C	v	167,9 ± 10,4	148,1 ± 6,6	135,6 ± 12,8	120,6 ± 9,9	123,6 ± 1,1
		e	108,7 ± 11,4			94,6 ± 13,4	94,4 ± 9,8
	-8°C	v	156,9 ± 8,6	134,0 ± 2,4	126,5 ± 6,4	110,6 ± 6,1	112,2 ± 13,5
		e	106,6 ± 11,5	114,5 ± 7,6	133,2 ± 11,7	93,5 ± 6,3	103,6 ± 15,7
<b>vital vs. erfroren</b>	KOND	v					
		e					
	-4°C	v					
		e					
	-6°C	v	B			B	B
		e	A			A	A
	-8°C	v	B	B	A	B	A
		e	A	A	A	A	A
<b>Behandlung</b>	KOND	A	A	A	A	A	
	-4°C	B	D	B	B	A	
	-6°C	B	C	B	B	B	
	-8°C	B	B	AB	B	B	
<b>Zeit</b>	KOND	A	—————▶			B	
	-4°C	A	—————▶			B	
	-6°C	A	—————▶			B	
	-8°C	A	—————▶			B	

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen (v) und erfrorenen (e) Eicheln sowie zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Tab. 81: **Glucosegehalt** in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SW</sub> Variante 1**, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997.

Zurück zu S. 109, 110

		<b>Prüftermin</b>					
		04.11.96	30.12.96	27.01.97	24.02.97	24.03.97	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		13	69	97	125	153	
<b>Glucose [mg/g ETS]</b>	KOND	v	56,5 ± 2,6	44,4 ± 1,8	42,8 ± 4,5	33,1 ± 3,0	32,1 ± 2,2
		e					
	-4°C	v	67,8 ± 2,3	59,3 ± 5,7	65,0 ± 4,4	54,2 ± 0,7	42,1 ± 2,8
		e			70,5	31,0	
	-6°C	v	47,5 ± 4,0	58,1 ± 1,4	62,6 ± 5,2	56,8 ± 3,6	54,1 ± 1,8
		e	38,8 ± 6,7			40,5 ± 3,8	36,2 ± 3,6
	-8°C	v	26,0 ± 3,2	43,9 ± 5,2	59,7 ± 3,2	50,0 ± 2,9	46,6 ± 5,2
		e	46,2 ± 4,3	39,1 ± 5,1	40,4 ± 12,1	43,0 ± 2,6	44,0 ± 3,3
<b>vital vs. erfroren</b>	KOND	v					
	KOND	e					
	-4°C	v					
	-4°C	e					
-6°C	v	A			B	B	
	e	A			A	A	
-8°C	v	A	A	A	B	A	
	e	B	A	A	A	A	
<b>Behandlung</b>	KOND	C	A	A	A	A	
	-4°C	D	B	B	B	B	
	-6°C	B	B	B	BC	C	
	-8°C	A	A	B	BD	B	
<b>Zeit</b>	KOND	A	→			B	
	-4°C	A	→			B	
	-6°C	A	→	B	→	C	
	-8°C	A	→	B	→	C	

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen (v) und erfrorenen (e) Eicheln sowie zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.



Tab. 82: **Fructosegehalt** in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SW</sub> Variante 1**, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997.

Zurück zu S. 109, 110

		<b>Prüftermin</b>					
		04.11.96	30.12.96	27.01.97	24.02.97	24.03.97	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		13	69	97	125	153	
<b>Fructose [mg/g ETS]</b>	KOND	v	59,0 ± 1,8	48,3 ± 1,4	45,3 ± 6,0	37,7 ± 2,4	38,9 ± 2,1
		e					
	-4°C	v	67,5 ± 3,8	62,1 ± 5,7	66,1 ± 3,5	59,5 ± 2,5	48,3 ± 4,0
		e			77,9	36,1	
	-6°C	v	46,2 ± 5,0	60,0 ± 2,5	67,6 ± 5,8	60,2 ± 5,7	59,6 ± 1,8
		e	36,5 ± 7,1			44,0 ± 3,9	40,2 ± 3,1
	-8°C	v	26,9 ± 2,8	46,6 ± 6,6	64,8 ± 3,1	54,9 ± 2,7	51,9 ± 4,8
		e	44,7 ± 4,4	41,1 ± 4,3	43,1 ± 15,3	49,1 ± 3,1	48,6 ± 4,0
<b>vital vs. erfroren</b>	KOND	v					
		e					
	-4°C	v					
		e					
-6°C	v	A			B	B	
	e	A			A	A	
-8°C	v	A	A	A	B	A	
	e	B	A	A	A	A	
<b>Behandlung</b>	KOND	C	A	A	A	A	
	-4°C	D	B	B	B	B	
	-6°C	B	B	B	B	C	
	-8°C	A	A	B	B	B	
<b>Zeit</b>	KOND	A	→	→	→	B	
	-4°C	A	→	→	→	B	
	-6°C	A	→	B	→	B	
	-8°C	A	→	B	→	C	

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen (v) und erfrorenen (e) Eicheln sowie zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Tab. 83: **Saccharosegehalt** in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SW</sub> Variante 1**, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997.

Zurück zu S. 114

		<b>Prüftermin</b>				
		04.11.96	30.12.96	27.01.97	24.02.97	24.03.97
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>				
		13	69	97	125	153
<b>Saccharose [mg/g ETS]</b>	KOND v	10,9 ± 2,6	27,9 ± 7,8	19,7 ± 7,2	24,8 ± 8,9	19,0 ± 9,5
	KOND e					
	-4°C v	37,2 ± 18,3	38,7 ± 11,3	13,6 ± 10,7	4,4 ± 3,7	4,1 ± 1,0
	-4°C e			58,8	13,5	
<b>-6°C</b>	v	74,1 ± 9,3	30,0 ± 8,4	5,4 ± 2,7	3,5 ± 1,9	9,9 ± 3,4
	e	33,4 ± 18,1			10,1 ± 10,0	18,0 ± 16,3
<b>-8°C</b>	v	104,1 ± 2,6	43,5 ± 13,0	2,0 ± 0,6	5,8 ± 2,4	13,8 ± 4,5
	e	15,8 ± 12,5	34,3 ± 10,8	49,8 ± 15,7	1,8 ± 0,6	11,0 ± 8,7
<b>vital vs. erfroren</b>	KOND v					
	KOND e					
	-4°C v					
	-4°C e					
<b>-6°C</b>	v	B			A	A
	e	A			A	A
<b>-8°C</b>	v	B	A	A	B	A
	e	A	A	A	A	A
<b>Behandlung</b>	KOND	A	A	B	B	B
	-4°C	B	A	AB	A	A
	-6°C	C	A	A	A	AB
	-8°C	C	A	A	A	AB
<b>Zeit</b>	KOND	A	B	→		B
	-4°C	A	A	→	B	B
	-6°C	A	→		B	B
	-8°C	A	→		A	B

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen (v) und erfrorenen (e) Eicheln sowie zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Tab. 84: **Stärkegehalt** in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SW</sub> Variante 1**, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997.

Zurück zu S. 115

		<b>Prüftermin</b>					
		04.11.96	30.12.96	27.01.97	24.02.97	24.03.97	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		13	69	97	125	153	
<b>Stärke [mg/g ETS]</b>	KOND	v	376,3 ± 43,6	419,4 ± 25,0	422,6 ± 33,6	394,7 ± 16,5	431,3 ± 27,2
		e					
	-4°C	v	361,7 ± 9,2	414,4 ± 16,6	364,2 ± 9,9	395,2 ± 36,9	457,5 ± 35,4
		e			277,2	514,3	
	-6°C	v	355,9 ± 27,5	437,3 ± 11,5	418,9 ± 39,5	415,0 ± 36,6	407,3 ± 7,1
		e	433,1 ± 34,3			493,6 ± 14,0	498,2 ± 33,0
	-8°C	v	407,0 ± 31,8	445,0 ± 19,8	439,9 ± 21,8	481,9 ± 4,2	492,6 ± 24,5
		e	412,9 ± 21,7	448,4 ± 11,3	478,8 ± 28,6	497,0 ± 4,1	485,4 ± 33,7
<b>vital vs. erfroren</b>	KOND	v					
		e					
	-4°C	v					
		e					
	-6°C	v	B			A	A
		e	A			B	B
	-8°C	v	A	A	A	A	A
		e	A	A	A	B	A
<b>Behandlung</b>	KOND	A	A	AB	A	A	
	-4°C	A	A	A	A	AB	
	-6°C	A	A	AB	A	A	
	-8°C	A	A	B	B	A	
<b>Zeit</b>	KOND	A	→			A	
	-4°C	A	→			B	
	-6°C	A	→			B	
	-8°C	A	→			B	

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen (v) und erfrorenen (e) Eicheln sowie zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Tab. 85: **Embryonenwassergehalt** in der Frischsubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SW</sub> Variante 2**, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine, 1996 / 1997.

Zurück zu S. 106, 108

		Prüftermin						
		04.11.96	02.12.96	30.12.96	27.01.97	24.02.97	24.03.97	21.04.97
		Konditionierungsdauer [d]						
		13	41	69	97	125	153	181
Wasser [% EFS]	KOND v	41,9 ± 0,7	42,9 ± 1,2	40,7 ± 0,7	40,0 ± 0,6	39,0 ± 0,3	38,4 ± 0,4	37,2 ± 0,3
	KOND e							
	-4°C v	41,9 ± 0,7	42,9 ± 1,2	40,5 ± 0,6	39,0 ± 1,3	38,6 ± 0,8	38,1 ± 0,6	38,5 ± 0,9
	-4°C e							
Wasser [% EFS]	-6°C v	41,1 ± 0,8	42,4 ± 0,6	40,8 ± 1,0	38,7 ± 1,4	39,0 ± 0,9	38,2 ± 0,5	38,3 ± 1,6
	-6°C e	42,3 ± 1,3	32,4 ± 21,7	42,8				
	-8°C v	39,9 ± 1,3	41,6 ± 1,0	40,3 ± 0,9	39,7 ± 0,7	39,3 ± 0,8	38,6 ± 0,8	37,6 ± 0,4
	-8°C e	41,6 ± 0,9	42,9 ± 0,9	40,6 ± 1,1	42,0 ± 0,6	38,3 ± 2,7	35,2 ± 2,6	40,1 ± 0,3
vital vs. erfroren	KOND v							
	KOND e							
	-4°C v							
	-4°C e							
vital vs. erfroren	-6°C v	A	A					
	-6°C e	A	A					
	-8°C v	A	A	A	A	A	A	A
	-8°C e	A	A	A	B	A	B	B
Behandlung	KOND	A	A	A	A	A	A	A
	-4°C	A	A	A	A	A	A	A
	-6°C	A	A	A	A	A	A	A
	-8°C	A	A	A	A	A	A	A
Zeit	KOND	A						B
	-4°C	A						B
	-6°C	A						B
	-8°C	A						B

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen (v) und erfrorenen (e) Eicheln sowie zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Tab. 86: **Gesamtzucker**gehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SW</sub> Variante 2**, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997.

Zurück zu S. 115 oben, 115 unten

		<b>Prüftermin</b>					
		04.11.96	30.12.96	27.01.97	24.02.97	24.03.97	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		13	69	97	125	153	
<b>Gesamtzucker [mg/g ETS]</b>	KOND	v	126,4 ± 4,5	149,0 ± 13,1	139,9 ± 2,6	138,6 ± 6,2	130,4 ± 5,6
		e					
	-4°C	v	172,5 ± 12,7	169,0 ± 13,7	149,6 ± 3,4	137,5 ± 9,2	131,0 ± 8,7
		e					
	-6°C	v	167,9 ± 10,4	174,6 ± 8,1	156,6 ± 11,2	151,6 ± 4,7	150,8 ± 19,1
		e	108,7 ± 11,4	207,0			
	-8°C	v	156,9 ± 8,6	163,0 ± 9,7	157,8 ± 10,3	144,7 ± 7,5	133,2 ± 4,9
		e	106,6 ± 11,5	136,4 ± 6,8	144,1 ± 10,7	134,8 ± 18,5	147,9 ± 22,9
<b>vital vs. erfroren</b>	KOND	v					
		e					
	-4°C	v					
		e					
-6°C	v	B					
	e	A					
-8°C	v	B	B	A	A	A	
	e	A	A	A	A	A	
<b>Behandlung</b>	KOND	A	A	A	A	A	
	-4°C	B	AB	AB	A	A	
	-6°C	B	B	B	A	A	
	-8°C	B	AB	B	A	A	
<b>Zeit</b>	KOND	A	→			A	
	-4°C	A	→			B	
	-6°C	A	→			A	
	-8°C	A	→			B	

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen (v) und erfrorenen (e) Eicheln sowie zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Tab. 87: **Glucosegehalt** in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SW</sub> Variante 2**, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997.

Zurück zu S. 109, 110

		<b>Prüftermin</b>					
		04.11.96	30.12.96	27.01.97	24.02.97	24.03.97	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		13	69	97	125	153	
<b>Glucose [mg/g ETS]</b>	KOND	v	56,5 ± 2,6	55,4 ± 7,0	57,6 ± 6,0	46,6 ± 4,1	39,8 ± 5,6
		e					
	-4°C	v	67,8 ± 2,3	63,2 ± 6,4	69,7 ± 2,5	63,1 ± 2,2	56,4 ± 4,7
		e					
	-6°C	v	47,5 ± 4,0	62,8 ± 2,0	71,9 ± 4,2	68,4 ± 2,8	61,4 ± 2,0
		e	38,8 ± 6,7	69,7			
	-8°C	v	26,0 ± 3,2	55,8 ± 5,0	62,4 ± 15,3	69,6 ± 4,1	59,6 ± 5,8
		e	46,2 ± 4,3	40,9 ± 1,7	55,4 ± 16,0	52,3 ± 9,4	42,4 ± 10,9
<b>vital vs. erfroren</b>	KOND						
	-4°C						
	-6°C	v e	A A				
	-8°C	v e	A B	B A	A A	B A	
<b>Behandlung</b>	KOND	C	A	A	A	A	
	-4°C	D	A	A	B	B	
	-6°C	B	A	A	B	B	
	-8°C	A	A	A	B	B	
<b>Zeit</b>	KOND	A	→	A	→	B	
	-4°C	A	→	A	→	B	
	-6°C	A	→	B	→	C	
	-8°C	A	→		→	C	

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen (v) und erfrorenen (e) Eicheln sowie zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Tab. 88: **Fructosegehalt** in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SW</sub> Variante 2**, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997.

Zurück zu S. 109, 110

		<b>Prüftermin</b>					
		04.11.96	30.12.96	27.01.97	24.02.97	24.03.97	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		13	69	97	125	153	
<b>Fructose [mg/g ETS]</b>	KOND	v	59,0 ± 1,8	56,8 ± 5,7	62,1 ± 4,9	52,4 ± 4,0	47,0 ± 5,7
		e					
	-4°C	v	67,5 ± 3,8	65,4 ± 5,6	76,1 ± 2,8	68,2 ± 2,1	63,2 ± 4,3
		e					
	-6°C	v	46,2 ± 5,0	66,6 ± 1,7	77,3 ± 4,0	74,5 ± 3,8	70,1 ± 3,5
		e	36,5 ± 7,1	77,9			
	-8°C	v	26,9 ± 2,8	59,2 ± 3,8	68,9 ± 15,3	70,8 ± 3,9	65,1 ± 3,5
		e	44,7 ± 4,4	44,1 ± 1,9	59,9 ± 15,8	55,1 ± 7,4	48,2 ± 11,0
<b>vital vs. erfroren</b>	KOND	v					
		e					
	-4°C	v					
		e					
-6°C	v	A					
	e	A					
-8°C	v	A	B	A	B	B	
	e	B	A	A	A	A	
<b>Behandlung</b>	KOND	C	A	A	A	A	
	-4°C	D	AB	A	B	B	
	-6°C	B	B	A	B	B	
	-8°C	A	AB	A	B	B	
<b>Zeit</b>	KOND	A	→	A	→	B	
	-4°C	A	A	B	→	C	
	-6°C	A	→	B	→	C	
	-8°C	A	→		B	B	

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen (v) und erfrorenen (e) Eicheln sowie zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Tab. 89: **Saccharosegehalt** in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SW</sub> Variante 2**, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997.

Zurück zu S. 114

		<b>Prüftermin</b>				
		04.11.96	30.12.96	27.01.97	24.02.97	24.03.97
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>				
		13	69	97	125	153
<b>Saccharose [mg/g ETS]</b>	KOND v	10,9 ± 2,6	36,9 ± 3,1	20,2 ± 10,0	39,6 ± 14,0	43,6 ± 14,3
	KOND e					
	-4°C v	37,2 ± 18,3	40,4 ± 5,6	3,8 ± 3,3	6,1 ± 5,8	11,3 ± 8,7
	-4°C e					
	-6°C v	74,1 ± 9,3	45,2 ± 10,4	7,3 ± 4,8	8,7 ± 3,3	19,3 ± 17,5
	-6°C e	33,4 ± 18,1	59,4			
	-8°C v	104,1 ± 2,6	48,1 ± 4,9	26,5 ± 36,7	4,3 ± 4,5	8,6 ± 4,5
	-8°C e	15,8 ± 12,5	51,4 ± 10,4	28,8 ± 27,1	27,4 ± 33,7	57,2 ± 29,7
<b>vital vs. erfroren</b>	KOND v					
	KOND e					
	-4°C v					
	-4°C e					
	-6°C v	B				
	-6°C e	A				
	-8°C v	B	A	A	A	A
	-8°C e	A	A	A	A	B
<b>Behandlung</b>	KOND	A	A	A	B	B
	-4°C	B	A	A	A	A
	-6°C	C	A	A	A	AB
	-8°C	C	A	A	A	A
<b>Zeit</b>	KOND	A	B	C	→	D
	-4°C	A	A	B	→	B
	-6°C	A	→	B	→	B
	-8°C	A	→	→	B	B

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen (v) und erfrorenen (e) Eicheln sowie zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.



Tab. 90: **Stärkegehalt** in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SW</sub> Variante 2**, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997.

Zurück zu S. 115

		<b>Prüftermin</b>					
		04.11.96	30.12.96	27.01.97	24.02.97	24.03.97	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		13	69	97	125	153	
<b>Stärke [mg/g ETS]</b>	KOND	v	376,3 ± 43,6	373,3 ± 4,9		385,4 ± 27,0	388,9 ± 9,9
		e					
	-4°C	v	361,7 ± 9,2	426,3 ± 35,0		394,2 ± 35,4	
		e					
	-6°C	v	355,9 ± 27,5	385,2 ± 6,9		388,7 ± 28,8	
		e	433,1 ± 34,3	292,6			
	-8°C	v	407,0 ± 31,8	400,3 ± 8,0		390,1 ± 17,1	
		e	412,9 ± 21,7	396,4		416,8 ± 14,8	
<b>vital vs. erfroren</b>	KOND	v					
		e					
	-4°C	v					
		e					
	-6°C	v	A				
		e	B				
	-8°C	v	A			A	
		e	A			A	
<b>Behandlung</b>	KOND		A	A		A	
	-4°C		A	B		A	
	-6°C		A	A		A	
	-8°C		A	AB		A	
<b>Zeit</b>	KOND		A	—————▶			A
	-4°C		A	—————▶	A		
	-6°C		A	—————▶	A		
	-8°C		A	—————▶	A		

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen (v) und erfrorenen (e) Eicheln sowie zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Tab. 91: **Embryonenwassergehalt** in der Frischsubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SW</sub> Variante 3**, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine, 1996 / 1997.

Zurück zu S. 106, 108

		Prüftermin							
		04.11.96	02.12.96	30.12.96	27.01.97	24.02.97	24.03.97	21.04.97	
		Konditionierungsdauer [d]							
		13	41	69	97	125	153	181	
Wasser [% EFS]	KOND	v	41,9 ± 0,7	43,1 ± 1,0	42,4 ± 1,1	41,9 ± 2,0	43,0 ± 0,7	43,6 ± 0,6	44,4 ± 1,4
		e					44,7 ± 5,0	48,5 ± 0,5	
	-4°C	v	41,9 ± 0,7	43,8 ± 1,1	42,5 ± 1,3	42,0 ± 1,1	43,5 ± 1,2	43,6 ± 1,0	43,4 ± 1,6
		e				46,4	41,8 ± 11,8	46,5 ± 4,0	
	-6°C	v	41,1 ± 0,8	42,8 ± 0,9	43,0 ± 1,0	42,1 ± 0,6	32,2 ± 21,5	44,2 ± 1,9	43,6 ± 0,9
		e	42,3 ± 1,3	44,5 ± 0,8	42,0 ± 2,6	45,2 ± 5,1	44,4 ± 2,0	44,7 ± 0,6	45,4 ± 0,8
	-8°C	v	39,9 ± 1,3	40,8 ± 2,1	42,9 ± 2,1	40,5 ± 1,0	40,9	40,9 ± 0,6	41,6
		e	41,6 ± 0,9	43,9 ± 0,9	43,6 ± 1,1	42,5 ± 1,7	43,6 ± 1,4	44,2 ± 1,1	44,3 ± 1,4
vital vs. erfroren	KOND	v					A	A	
		e					A	B	
	-4°C	v					A	A	
		e					A	A	
	-6°C	v	A	A	A	A	A	A	A
		e	A	B	A	A	A	A	A
	-8°C	v	A	A	A	A		A	
		e	A	B	A	A		B	
Behandlung	KOND	A	AB	A	A	A	AB	A	
	-4°C	A	B	A	A	A	AB	A	
	-6°C	A	AB	A	A	A	B	A	
	-8°C	A	A	A	A	A	A		
Zeit	KOND	A	→					A	
	-4°C	A	B	→	B	→		B	
	-6°C	A	→	B	B	→	B	B	
	-8°C	A	→	A	A	→	A		

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen (v) und erfrorenen (e) Eicheln sowie zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Tab. 92: **Gesamtzucker**gehalt in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SW</sub> Variante 3**, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997.

Zurück zu S. 115 oben, 115 unten

		<b>Prüftermin</b>					
		04.11.96	30.12.96	27.01.97	24.02.97	24.03.97	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		13	69	97	125	153	
<b>Gesamtzucker [mg/g ETS]</b>	KOND	v	126,4 ± 4,5	118,8 ± 2,0	115,0 ± 5,2	107,5 ± 2,6	95,9 ± 4,6
		e				116,7 ± 11,4	101,7 ± 43,1
	-4°C	v	172,5 ± 12,7	150,6 ± 4,4	142,1 ± 9,9	105,9 ± 1,9	107,7 ± 6,8
		e			179,5	69,4 ± 13,5	89,7 ± 38,4
	-6°C	v	167,9 ± 10,4	145,7 ± 2,6	146,1 ± 9,7	130,6 ± 15,2	118,4 ± 3,8
		e	108,7 ± 11,4	97,9 ± 17,4	142,9 ± 42,7	96,9 ± 3,4	91,3 ± 5,9
	-8°C	v	156,9 ± 8,6	134,6 ± 11,0	130,7 ± 2,6	120,7	116,8 ± 6,8
		e	106,6 ± 11,5	107,9 ± 3,1	119,6 ± 11,3	93,7 ± 5,8	95,7 ± 5,6
<b>vital vs. erfroren</b>	KOND	v				A	A
		e				A	A
	-4°C	v				B	A
		e				A	A
	-6°C	v	B	B	A	B	B
		e	A	A	A	A	A
	-8°C	v	B	B	A		B
		e	A	A	A		A
<b>Behandlung</b>	KOND	A	A	A	A	A	
	-4°C	B	C	B	A	AB	
	-6°C	B	BC	B	B	B	
	-8°C	B	B	AB		B	
<b>Zeit</b>	KOND	A	→			B	
	-4°C	A	→			B	
	-6°C	A	→			B	
	-8°C	A	→			B	

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen (v) und erfrorenen (e) Eicheln sowie zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Tab. 93: **Glucosegehalt** in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SW</sub> Variante 3**, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997.

Zurück zu S. 109, 110, 114

		<b>Prüftermin</b>					
		04.11.96	30.12.96	27.01.97	24.02.97	24.03.97	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		13	69	97	125	153	
<b>Glucose [mg/g ETS]</b>	KOND	v	56,5 ± 2,6	45,7 ± 1,6	46,5 ± 6,9	40,3 ± 1,7	36,1 ± 3,5
		e				25,7 ± 11,5	21,5 ± 6,1
	-4°C	v	67,8 ± 2,3	68,3 ± 2,2	66,3 ± 3,9	48,7 ± 1,5	45,1 ± 2,9
		e		±	35,4	24,4 ± 6,9	30,8 ± 9,2
	-6°C	v	47,5 ± 4,0	67,3 ± 1,1	66,1 ± 4,0	41,0 ± 15,4	43,2 ± 6,7
		e	38,8 ± 6,7	36,8 ± 17,3	62,2 ± 27,1	45,1 ± 3,0	40,1 ± 4,3
	-8°C	v	26,0 ± 3,2	56,5 ± 8,5	53,1 ± 3,5	15,3	33,7 ± 10,5
		e	46,2 ± 4,3	50,0 ± 2,1	54,4 ± 4,6	44,0 ± 2,0	41,9 ± 2,1
<b>vital vs. erfroren</b>	KOND	v				A	A
		e				A	A
	-4°C	v				B	B
		e				A	A
	-6°C	v	A	B	A	A	A
		e	A	A	A	A	A
	-8°C	v	A	A	A		A
		e	B	A	A		A
<b>Behandlung</b>	KOND	C	A	A	A	A	
	-4°C	D	C	B	A	A	
	-6°C	B	C	B	A	A	
	-8°C	A	B	A		A	
<b>Zeit</b>	KOND	A				B	
	-4°C	A		A		B	
	-6°C	A	B	B	B	B	
	-8°C	A	A	A		A	

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen (v) und erfrorenen (e) Eicheln sowie zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Tab. 94: **Fructosegehalt** in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SW</sub> Variante 3**, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997.

Zurück zu S. 109, 110, 114

		<b>Prüftermin</b>					
		04.11.96	30.12.96	27.01.97	24.02.97	24.03.97	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		13	69	97	125	153	
<b>Fructose [mg/g ETS]</b>	KOND	v	59,0 ± 1,8	52,0 ± 1,6	51,2 ± 6,5	46,2 ± 1,4	42,2 ± 3,7
		e				31,7 ± 13,2	26,5 ± 8,6
	-4°C	v	67,5 ± 3,8	74,8 ± 3,0	72,8 ± 4,3	53,6 ± 2,4	58,2 ± 7,7
		e			42,4	27,6 ± 7,5	34,4 ± 12,8
	-6°C	v	46,2 ± 5,0	72,5 ± 1,5	74,4 ± 5,7	46,7 ± 16,0	51,5 ± 7,9
		e	36,5 ± 7,1	38,3 ± 18,3	64,2 ± 17,5	49,4 ± 2,3	45,8 ± 4,0
	-8°C	v	26,9 ± 2,8	62,2 ± 7,2	58,8 ± 4,1	20,2	41,4 ± 11,1
		e	44,7 ± 4,4	55,1 ± 1,1	60,7 ± 4,1	49,1 ± 3,8	50,1 ± 2,4
<b>vital vs. erfroren</b>	KOND	v				A	B
		e				A	A
	-4°C	v				B	B
		e				A	A
	-6°C	v	A	B	A	A	A
		e	A	A	A	A	A
	-8°C	v	A	A	A		A
		e	B	A	A		A
<b>Behandlung</b>	KOND	C	A	A	A	A	
	-4°C	D	C	B	A	A	
	-6°C	B	C	B	A	A	
	-8°C	A	B	A		A	
<b>Zeit</b>	KOND	A	→			B	
	-4°C	A	B	B	C	C	
	-6°C	A	→	B	B	B	
	-8°C	A	A	A	→	A	

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen (v) und erfrorenen (e) Eicheln sowie zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Tab. 95: **Saccharosegehalt** in der Embryonentrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SW</sub> Variante 3**, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997.

Zurück zu S. 114

		<b>Prüftermin</b>					
		04.11.96	30.12.96	27.01.97	24.02.97	24.03.97	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		13	69	97	125	153	
<b>Saccharose [mg/g ETS]</b>	KOND	v	10,9 ± 2,6	21,1 ± 1,2	17,3 ± 10,8	21,1 ± 1,5	17,6 ± 2,6
		e				59,4 ± 17,2	53,7 ± 31,8
	-4°C	v	37,2 ± 18,3	7,5 ± 4,3	3,1 ± 2,5	3,5 ± 2,8	4,4 ± 1,5
		e			101,6	17,4 ± 12,7	24,5 ± 18,7
	-6°C	v	74,1 ± 9,3	5,8 ± 1,1	5,5 ± 1,7	42,9 ± 31,3	23,7 ± 16,0
		e	33,4 ± 18,1	22,8 ± 30,2	16,5 ± 9,6	2,4 ± 2,1	5,4 ± 3,3
	-8°C	v	104,1 ± 2,6	15,9 ± 6,3	18,8 ± 10,0	85,1	41,6 ± 26,5
		e	15,8 ± 12,5	2,8 ± 2,7	4,6 ± 3,3	1,2 ± 0,9	3,7 ± 1,5
<b>vital vs. erfroren</b>	KOND	v				A	A
		e				B	A
	-4°C	v				A	A
		e				A	A
	-6°C	v	B	A	A	B	A
		e	A	A	A	A	A
	-8°C	v	B	B	A		A
		e	A	A	A		A
<b>Behandlung</b>	KOND	A	B	A	AB	AB	
	-4°C	B	A	A	A	A	
	-6°C	C	A	A	B	AB	
	-8°C	C	B	A		B	
<b>Zeit</b>	KOND	A	→			B	
	-4°C	A	→	B		B	
	-6°C	A	B	B	B	B	
	-8°C	A	B	B	→	B	

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen (v) und erfrorenen (e) Eicheln sowie zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

Tab. 96: **Stärkegehalt** in der Embryontrockensubstanz konditionierter und frosthärtegeprüfter Eicheln von *Quercus robur* 'Elmstein' aus Konditionierung unter den Bedingungen der **KOND<sub>SW</sub> Variante 3**, statistische Beurteilung der Mittelwertunterschiede zwischen Eicheln der Schnitttestboniturklassen „potentiell vital“ (v) und „erfroren“ (e) sowie der Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen und aufeinander folgender Prüftermine (Zeit), 1996 / 1997.

Zurück zu S. 115

		<b>Prüftermin</b>					
		04.11.96	30.12.96	27.01.97	24.02.97	24.03.97	
		<b>Konditionierungsdauer [d]</b>					
		13	69	97	125	153	
<b>Stärke [mg/g ETS]</b>	KOND	v	376,3 ± 43,6	413,6 ± 2,5	421,5 ± 28,0	458,5 ± 14,4	
		e				444,5 ± 39,5	
	-4°C	v	361,7 ± 9,2	302,4 ± 44,8	415,2 ± 41,1	462,6 ± 53,3	416,4 ± 55,3
		e			395,7	467,5 ± 30,6	442,9 ± 37,6
	-6°C	v	355,9 ± 27,5	304,2	442,0 ± 11,7	353,3	450,1 ± 5,5
		e	433,1 ± 34,3	478,4 ± 17,0	418,9	455,9 ± 42,9	458,9 ± 17,9
	-8°C	v	407,0 ± 31,8	415,2 ± 52,3	465,7 ± 33,0	489,8	
		e	412,9 ± 21,7	433,6 ± 26,1	427,1 ± 34,9	452,9 ± 23,4	
<b>vital vs. erfroren</b>	KOND	v				A	
		e				A	
	-4°C	v				A	A
		e				A	A
	-6°C	v	A	A	A	A	A
		e	B	A	A	A	A
	-8°C	v	A	A	A		
		e	A	A	A		
<b>Behandlung</b>	KOND	A	AB	A	A		
	-4°C	A	A	A	A	A	
	-6°C	A	B	A	A	A	
	-8°C	A	B	A			
<b>Zeit</b>	KOND	A	→		B		
	-4°C	A	→		B	B	
	-6°C	A	→			B	
	-8°C	A	→	A			

$p \leq 0,05$ , arithmetisches Mittel (gerundet) und Standardabweichung, signifikante Mittelwertunterschiede zwischen potentiell vitalen (v) und erfrorenen (e) Eicheln sowie zwischen potentiell vitalen Eicheln unterschiedlicher Behandlungen sind durch unterschiedliche Großbuchstaben gekennzeichnet, wobei der jeweils kleinste der verglichenen Mittelwerte durch A bezeichnet wird, bei Vergleichen über die Konditionierungsdauer kennzeichnet A den Beginn der Mittelwertvergleiche über die Zeit, unterschiedliche Großbuchstaben in Folge kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den verglichenen Terminen.

### 6.3. Anhang 3: Versuchsjahr 1997 / 1998 Einzelbaumabsaaten

Tab. 97: Unterschiede in der Sprossachsenkeimung zwischen den Absaaten von *Quercus robur*-Einzelbäumen gleicher und unterschiedlicher Herkunft im Verlauf der Konditionierungslagerung,

A: Prüftermin 1 und 2, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 129, 130, 131, 136

A		Sprossachsenkeimung [%]													KOND <sub>sw</sub> 02 - 101 Tage		
		EB01	EG02	EB04	EB08	EB41	EB61	EB301	EB302	EB303	EB307	EB308	EB309	EB310			EB312
		83	63	71	89	75	89	92	85	76	88	91	80	89	95		
EB01	87	<b>20</b>	12	7	8	7	9	3	7	5	8	3	7	12	83	EB01	
EG02	73	13	<b>8</b>	<b>27</b>	12	<b>27</b>	<b>29</b>	<b>23</b>	13	<b>25</b>	<b>28</b>	<b>17</b>	<b>27</b>	<b>32</b>	63	EG02	
EB04	76	11	3	<b>19</b>	4	<b>19</b>	<b>21</b>	<b>15</b>	5	<b>17</b>	<b>20</b>	9	<b>19</b>	<b>24</b>	71	EB04	
EB08	91	4	<b>17</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	0	3	4	13	1	1	9	0	5	89	EB08	
EB41	84	3	11	8	7	<b>15</b>	<b>17</b>	11	1	13	<b>16</b>	5	<b>15</b>	<b>20</b>	75	EB41	
EB61	91	4	<b>17</b>	<b>15</b>	0	7		3	4	13	1	1	9	0	5	89	EB61
EB301	92	5	<b>19</b>	<b>16</b>	1	8	1		7	<b>16</b>	4	1	12	3	3	92	EB301
EB302	87	0	13	11	4	3	4	5		9	3	5	5	4	9	85	EB302
EB303	93	7	<b>20</b>	<b>17</b>	3	9	3	1	7		12	<b>15</b>	4	13	<b>19</b>	76	EB303
EB307	89	3	<b>16</b>	13	1	5	1	3	3	4		3	8	1	7	88	EB307
EB308	95	8	<b>21</b>	<b>19</b>	4	11	4	3	8	1	5		11	1	4	91	EB308
EB309	80	7	7	4	11	4	11	12	7	13	9	<b>15</b>		9	<b>15</b>	80	EB309
EB310	95	8	<b>21</b>	<b>19</b>	4	11	4	3	8	1	5	0	<b>15</b>		5	89	EB310
EB312	95	8	<b>21</b>	<b>19</b>	4	11	4	3	8	1	5	0	<b>15</b>	0		95	EB312
KOND <sub>sw</sub> 01 - 31 Tage		87	73	76	91	84	91	92	87	93	89	95	80	95	95		
		EB01	EG02	EB04	EB08	EB41	EB61	EB301	EB302	EB303	EB307	EB308	EB309	EB310	EB312		

$\chi^2$ -Test, Fisher's Exact Test zweiseitig,  $p \leq 0,05$ ,  $n = 75$  je Absaat, signifikante Differenzen zwischen den Einzelbaumabsaaten sind fett hervorgehoben.



Tab. 98: Unterschiede in der Sprossachsenkeimung zwischen den Absaaten von *Quercus robur*-Einzelbäumen gleicher und unterschiedlicher Herkunft im Verlauf der Konditionierungslagerung,

B: Prüftermin 3 und 4, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 129, 130, 131, 136

B		Sprossachsenkeimung [%]													KOND <sub>sw</sub> 04 - 248 Tage		
		EB01	EG02	EB04	EB08	EB41	EB61	EB301	EB302	EB303	EB307	EB308	EB309	EB310			EB312
		60	16	29	55	20	64	32	21	35	44	41	47	23	29		
EB01	83	<b>44</b>	<b>31</b>	5	<b>40</b>	4	<b>28</b>	<b>39</b>	<b>25</b>	16	<b>19</b>	13	<b>37</b>	<b>31</b>	60	EB01	
EG02	39	<b>44</b>		13	<b>39</b>	4	<b>48</b>	<b>16</b>	5	<b>19</b>	<b>28</b>	<b>25</b>	<b>31</b>	7	13	16	EG02
EB04				<b>25</b>	9	<b>35</b>	3	8	5	15	12	<b>17</b>	7	0	29	EB04	
EB08	88	5	<b>49</b>		<b>35</b>	9	<b>23</b>	<b>33</b>	<b>20</b>	11	13	8	<b>32</b>	<b>25</b>	55	EB08	
EB41	71	12	<b>32</b>		<b>17</b>	<b>44</b>	12	1	15	<b>24</b>	<b>21</b>	<b>27</b>	3	9	20	EB41	
EB61	88	5	<b>49</b>		0	<b>17</b>	<b>32</b>	<b>43</b>	<b>29</b>	<b>20</b>	<b>23</b>	<b>17</b>	<b>41</b>	<b>35</b>	64	EB61	
EB301	76	7	<b>37</b>		12	5	12		11	3	12	9	15	9	3	32	EB301
EB302	67	<b>16</b>	<b>28</b>		<b>21</b>	4	<b>21</b>	9		13	<b>23</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	1	8	21	EB302
EB303	60	<b>23</b>	<b>21</b>		<b>28</b>	11	<b>28</b>	16	7		9	7	12	12	5	35	EB303
EB307	80	3	<b>41</b>		8	9	8	4	13	<b>20</b>		3	3	<b>21</b>	15	44	EB307
EB308	88	5	<b>49</b>		0	<b>17</b>	0	12	<b>21</b>	<b>28</b>	8		5	<b>19</b>	12	41	EB308
EB309	80	3	<b>41</b>		8	9	8	4	13	<b>20</b>	0	8		<b>24</b>	<b>17</b>	47	EB309
EB310	68	15	<b>29</b>		<b>20</b>	3	<b>20</b>	8	1	8	12	<b>20</b>	12		7	23	EB310
EB312	67	16	<b>28</b>		<b>21</b>	4	<b>21</b>	9	0	7	13	<b>21</b>	13	1		29	EB312
		83	39		88	71	88	76	67	60	80	88	80	68	67		
		Sprossachsenkeimung [%]															
		EB01	EG02	EB04	EB08	EB41	EB61	EB301	EB302	EB303	EB307	EB308	EB309	EB310	EB312		

$\chi^2$ -Test, Fisher's Exact Test zweiseitig,  $p \leq 0,05$ ,  $n = 75$  je Absaat, signifikante Differenzen zwischen den Einzelbaumabsaaten sind fett hervorgehoben.

Tab. 99: Unterschiede in der Sprossachsenkeimung zwischen den Absaaten von *Quercus robur*-Einzelbäumen gleicher und unterschiedlicher Herkunft nach den auf die Konditionierung folgenden 21-tägigen  $-6^{\circ}\text{C}$  FHTs,

A: Prüftermin 1 und 2, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 129, 130, 131, 136

A		Sprossachsenkeimung [%]														FHT 02 - 101 Tage		
		EB01	EG02	EB04	EB08	EB41	EB61	EB301	EB302	EB303	EB307	EB308	EB309	EB310	EB312			
Sprossachsenkeimung [%]	EB01	68	<b>20</b>	11	13	<b>20</b>	13	<b>19</b>	1	<b>16</b>	8	<b>19</b>	9	13	7	73	EB01	
	EG02	60	8	<b>31</b>	<b>33</b>	0	<b>33</b>	<b>39</b>	<b>21</b>	<b>36</b>	<b>28</b>	<b>39</b>	11	<b>33</b>	<b>27</b>	53	EG02	
	EB04	55	13	5	3	<b>31</b>	3	8	9	5	3	8	<b>20</b>	3	4	84	EB04	
	EB08	73	5	13	<b>19</b>	3	<b>33</b>	0	5	12	3	5	5	<b>23</b>	0	7	87	EB08
	EB41	68	0	8	13	5	3	<b>33</b>	<b>39</b>	<b>21</b>	<b>36</b>	<b>28</b>	<b>39</b>	11	<b>33</b>	<b>27</b>	53	EB41
	EB61	83	15	<b>23</b>	<b>28</b>	9	15	5	12	3	5	5	<b>23</b>	0	7	87	EB61	
	EB301	95	<b>27</b>	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>21</b>	<b>27</b>	12	17	3	11	0	<b>28</b>	5	12	92	EB301	
	EB302	85	<b>17</b>	<b>25</b>	<b>31</b>	12	<b>17</b>	3	9	15	7	<b>17</b>	11	12	5	75	EB302	
	EB303	97	<b>29</b>	<b>37</b>	<b>43</b>	<b>24</b>	<b>29</b>	15	3	12	8	3	<b>25</b>	3	9	89	EB303	
	EB307	95	<b>27</b>	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>21</b>	<b>27</b>	12	0	9	3	11	<b>17</b>	5	1	81	EB307	
	EB308	93	<b>25</b>	<b>33</b>	<b>39</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	11	1	8	4	1	<b>28</b>	5	12	92	EB308	
	EB309	71	3	11	<b>16</b>	3	3	12	<b>24</b>	<b>15</b>	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>16</b>	64	EB309	
	EB310	89	<b>21</b>	<b>29</b>	<b>35</b>	<b>16</b>	<b>21</b>	7	5	4	8	5	4	<b>19</b>	7	87	EB310	
	EB312	93	<b>25</b>	<b>33</b>	<b>39</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	11	1	8	4	1	0	<b>23</b>	4	80	EB312	
FHT 01 - 31 Tage		68	60	55	73	68	83	95	85	97	95	93	71	89	93			
		EB01	EG02	EB04	EB08	EB41	EB61	EB301	EB302	EB303	EB307	EB308	EB309	EB310	EB312			
		Sprossachsenkeimung [%]																

$\chi^2$ -Test, Fisher's Exact Test zweiseitig,  $p \leq 0,05$ ,  $n = 75$  je Absaat, signifikante Differenzen zwischen den Einzelbaumabsaaten sind fett hervorgehoben.

Tab. 100: Unterschiede in der Sprossachsenkeimung zwischen den Absaaten von *Quercus robur*-Einzelbäumen gleicher und unterschiedlicher Herkunft nach den auf die Konditionierung folgenden 21-tägigen -6°C FHTs,

B: Prüftermin 3 und 4, 1997 / 1998.

Zurück zu S. 129, 130, 131, 136

B		Sprossachsenkeimung [%]														FHT 04 - 248 Tage	
		EB01	EG02	EB04	EB08	EB41	EB61	EB301	EB302	EB303	EB307	EB308	EB309	EB310	EB312		
		63	4	31	64	19	53	32	16	29	44	31	28	23	23		
EB01	47	<b>59</b>	<b>32</b>	1	<b>44</b>	9	<b>31</b>	<b>47</b>	<b>33</b>	<b>19</b>	<b>32</b>	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	63	EB01	
EG02	45	1	<b>27</b>	<b>60</b>	<b>15</b>	<b>49</b>	<b>28</b>	12	<b>25</b>	<b>40</b>	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	4	EG02	
EB04				<b>33</b>	12	<b>23</b>	1	15	1	13	0	3	8	8	31	EB04	
EB08	60	13	15		<b>45</b>	11	<b>32</b>	<b>48</b>	<b>35</b>	<b>20</b>	<b>33</b>	<b>36</b>	<b>41</b>	<b>41</b>	64	EB08	
EB41	47	0	1		13	<b>35</b>	13	3	11	<b>25</b>	12	9	4	4	19	EB41	
EB61	84	<b>37</b>	<b>39</b>		<b>24</b>	<b>37</b>		<b>21</b>	<b>37</b>	<b>24</b>	9	<b>23</b>	<b>25</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	53	EB61
EB301	60	13	15		0	13	<b>24</b>		<b>16</b>	3	12	1	4	9	9	32	EB301
EB302	63	16	<b>17</b>		3	16	<b>21</b>	3		13	<b>28</b>	15	12	7	7	16	EB302
EB303	53	7	8		7	7	<b>31</b>	7	9		15	1	1	7	7	29	EB303
EB307	81	<b>35</b>	<b>36</b>		<b>21</b>	<b>35</b>	3	<b>21</b>	<b>19</b>	<b>28</b>		13	16	<b>21</b>	<b>21</b>	44	EB307
EB308	61	15	16		1	15	<b>23</b>	1	1	8	<b>20</b>		3	8	8	31	EB308
EB309	71	<b>24</b>	<b>25</b>		11	<b>24</b>	13	11	8	<b>17</b>	11	9		5	5	28	EB309
EB310	72	<b>25</b>	<b>27</b>		12	<b>25</b>	12	12	9	<b>19</b>	9	11	1		0	23	EB310
EB312	61	15	16		1	15	<b>23</b>	1	1	8	<b>20</b>	0	9	11		23	EB312
FHT 03 - 157 Tage		47	45		60	47	84	60	63	53	81	61	71	72	61		
		Sprossachsenkeimung [%]															
		EB01	EG02	EB04	EB08	EB41	EB61	EB301	EB302	EB303	EB307	EB308	EB309	EB310	EB312		

$\chi^2$ -Test, Fisher's Exact Test zweiseitig,  $p \leq 0,05$ ,  $n = 75$  je Absaat, signifikante Differenzen zwischen den Einzelbaumabsaaten sind fett hervorgehoben.

## Danksagung

Durch das BML gefördert, entstand die vorliegende Arbeit in der Abteilung Baumschule des Instituts für Zierpflanzenbau, Baumschule und Pflanzenzüchtung der Universität Hannover.

Herrn Prof. Dr. W. Spethmann möchte ich herzlich für die Überlassung des Themas, für die Möglichkeit zur Durchführung der Arbeit sowie seine Diskussionsbereitschaft danken.

Herrn Prof. Dr. Hans-J. Muhs von der BFH Großhansdorf danke ich für die Übernahme des Korreferates und die anregenden Diskussionen.

Besonders Frau K. Siepker möchte ich für die gewissenhafte Betreuung der Analytik danken und meinen aufrichtigen Dank für die gute Zusammenarbeit auch gegenüber allen anderen Mitarbeitern vom Steinberg aussprechen, besonders Frau J. Buse und Frau F. Schröder, Frau M. Busche und Frau E. Schlüter. Außerdem möchte ich mich bei Herrn Dipl.-Ing. W. Huhn und seinen Mitarbeitern am Versuchsbetrieb in Ruthe für die gewissenhafte Betreuung der Keimtests bedanken. Herrn Dipl.-Ing. P. Grimm-Wetzel gilt mein Dank für seine kritischen Hinweise zur Datenverarbeitung und Versuchstatistik. In diesem Zusammenhang möchte ich mich auch bei Herrn Prof. Dr. L. Hothorn und Herrn Dipl.-Math.oec. M. Weichert aus der Bioinformatik für ihre Hinweise zur Auswertung der Keim- und Schnitttests bedanken.

Herrn Dipl.-Ing. R. Junge von der BFH Großhansdorf gilt mein besonderer Dank für die gute Zusammenarbeit im Kooperationsprojekt und seine Diskussionsbereitschaft.

Für die zuverlässige Versorgung mit Eicheln danke ich im besonderen vom Forstamt Rantzau Herrn FI T. Schultz und seiner Familie.

Herrn FOAR G. Reichwaldt und Herrn K. Gille von der Forstschatgutberatungsstelle des Niedersächsischen Forstamts Ebstorf gilt mein Dank für das Ermöglichen und die Unterstützung bei der Durchführung der Thermotheapie in Oerrel.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. J. Schönherr für seine Diskussionsbereitschaft. Ihm und seinen Mitarbeitern danke ich für die freundliche Aufnahme in der Abteilung Obstbau des Instituts für Gemüse- und Obstbau der Universität Hannover.

Mein herzlichster Dank gilt meiner Lebensgefährtin, meiner Familie und meinen Freunden für ihre Unterstützung und ihre Geduld.

“The blues is a healer...”  
(JOHN LEE HOOKER 1989)

# Lebenslauf

- 06.10.1965 geboren in Stade  
Vater Siegfried Schlegel, Ing. grad. für Gartenbau  
Mutter Martha Schlegel, geb. Thinius
- 1972 – 1985 Grundschule und Orientierungsstufe in Jork,  
anschließend Gymnasium Finkenwerder, Abitur 1985
- 1985 – 1987 Wehrdienst
- 1987 – 1989 Berufsausbildung zum Gärtner  
am Botanischen Garten der Universität Hamburg
- 1989 – 1994 Studium der Gartenbauwissenschaften  
an der Universität Hannover,  
Abschluss als Dipl. -Ing. agr.
- 1994 – 1995 Gartencenterleitung bei Fa. BAUHAUS 1995  
Einarbeitung zum Filialleiter der Fa. H.B.I.  
(Holland Blumenimport GmbH)
- 1995 - 1998 wissenschaftlicher Mitarbeiter am  
Institut für Obstbau und Baumschule  
der Universität Hannover
- 1999 – 2000 wissenschaftlicher Mitarbeiter am  
Institut für Gemüse- und Obstbau  
der Universität Hannover

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich eidesstattlich, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Titel „Frosthärteinduktion bei Eichen“ selbstständig angefertigt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen benutzt habe.

Diese Arbeit wurde noch nicht als Dissertation oder andere Prüfungsarbeit vorgelegt.

Thomas Karl Schlegel